

Technická univerzita v Liberci

**FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A
PEDAGOGICKÁ**

Katedra: Katedra fyziky

Studijní program: Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství fyziky a matematiky pro střední školy

**BADATELSKÁ METODA VE VÝUCE
STŘEDOŠKOLSKÉ FYZIKY**

**INQUIRY BASED EDUCATION IN HIGH SCHOOL
PHYSIC**

Diplomová práce: 13-FP-KFY- 0001

Autor:

Petr DESENSKÝ

Podpis:

Vedoucí práce: Mgr. Stanislav Panoš, Ph.D.

Konzultant:

Počet

stran	grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
85	1	14	7	30	4

V Liberci dne: 12. 12. 2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Petr Desenský
Osobní číslo: P11000693
Studijní program: N7504 Učitelství pro střední školy
Studijní obory: Učitelství fyziky pro střední školy
Učitelství matematiky pro střední školy
Název tématu: Badatelská metoda ve výuce středoškolské fyziky.
Zadávající katedra: Katedra fyziky

Zásady pro vypracování:

Cíl:

Vytvořit koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou pro vybraná témata ze středoškolské fyziky.

Požadavky:

Odborné teoretické a praktické znalosti učiva středoškolské fyziky. Schopnost návrhu, přípravy a provedení experimentu.

Metody:

Rešerše literatury, výběr témat, návržení experimentů, ověření ve výuce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BALADA, Jan. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007, 100 s. ISBN 978-808-7000-113.

DOLEŽALOVÁ, Olga. Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů na gymnáziích. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007, 140 s. ISBN 978-808-7000-137.

HALLIDAY, D, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika - 5 dílů: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Vyd. 1. Překlad Jana Musilová, Jan Obdržálek, Petr Dub. Brno: VUTIUM, 2001, 1198 s. ISBN 80-214-1868-0.

SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 3. vyd. Praha: Prometheus, 1998, 496 s. ISBN 80-719-6116-7.

LEPIL, Oldřich. Fyzika pro gymnázia: optika. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, c2002, 205 s. ISBN 978-807-1962-373.

BEDNAŘÍK, Milan a Miroslava ŠIROKÁ. Fyzika pro gymnázia. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2007, 288 s. ISBN 978-807-1961-765.

LEPIL, Oldřich a Přemysl ŠEDIVÝ. Fyzika pro gymnázia. 5., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2000, 342 s. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 978-80-7196-202-1.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Stanislav Panoš, Ph.D.

Katedra fyziky

Datum zadání diplomové práce: **29. dubna 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **29. dubna 2013**


doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Karel Vokurka, DrSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 29. dubna 2012

Čestné prohlášení

Název práce: Badatelská metoda ve výuce středoškolské fyziky

Jméno a příjmení autora: Petr Desenský

Osobní číslo: P11000693

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má diplomová práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil elektronickou verzi mé diplomové práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě a uvedl jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 12. 12. 2013

Petr Desenský

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Mgr. Stanislavovi Panošovi, Ph.D. za jeho pomoc při zpracování tématu diplomové práce, za odborné konzultace a připomínky. Dále děkuji Mgr. Jaromírovi Osčádlovi, učiteli Střední průmyslové školy strojní a elektrotechnické a Vyšší odborné škole v Liberci, Masarykova 3, který mi umožnil realizaci praktického cvičení z fyziky vedeného badatelskou metodou ve své třídě, zapůjčil většinu pomůcek, poskytl čas pro didaktické testování a poskytl cenné rady. Dále chci poděkovat Doc. PaedDr. Petru Urbánkovi, Dr. za odborné konzultace ohledně didaktického testování a také Mgr. Jaroslavu Korešovi, učiteli Gymnázia J. V. Jirsíka v Českých Budějovicích, Fráni Šrámka 23, za cenné rady při tvorbě nestandardizovaných testových a anketních otázek. V neposlední řadě bych rád poděkoval Ing. Petře Zákravské za její neutuchající podporu, které se mi dostávalo během celého studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá aplikací prvků badatelsky orientovaného přírodovědného vzdělávání na učivo středoškolské fyziky. V rámci diplomové práce byl vytvořen koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou pro vybrané téma ze středoškolské fyziky. Součástí diplomové práce jsou metodické listy pro učitele a pracovní listy pro studenty, na kterých jsou podrobně popsány jednotlivé kroky badatelského cyklu. Vytvořený koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou byl ověřen v praxi a jeho účinnost byla ověřena nestandardizovaným didaktickým testem.

Klíčová slova

Transmisivní vyučování, konstruktivismus, badatelsky orientované (přírodovědné) vyučování, badatelský cyklus, matematické kyvadlo

ANNOTATION

This thesis deals with the application of elements of inquiry-based science education at secondary school physics curriculum. There was created concept of practical exercise by inquiry based science education method for the selected topic of high school physics. The thesis contains methodological sheets for teachers and worksheets for students which describes the various steps of the inquiry research cycle in details. Created concept of practical exercises conducted by inquiry-based science education method was verified in practice and its effectiveness was verified by non-standardized didactic test.

Keywords

The transmissive teaching, constructivism, inquiry-based (science) education, a research cycle, mathematical pendulum

Obsah

Seznam obrázků, tabulek a grafů	8
Seznam použitých zkratk	9
Úvod.....	10
1. Teoretické koncepty ve vzdělávání.....	11
1.1 Didaktické teorie	11
1.2 Vývoj přírodovědného vzdělávání	15
1.3 Vliv kognitivního vývoje na učení jedince	18
1.4 Výuka založená na poznatcích z biologie	21
1.4.1 Biologické a evoluční pohledy na učení a vyučování.....	21
1.4.2 Podněty sociálních a kulturních věd	22
1.4.3 Podněty z technických oborů – systémová analýza	22
2. Konstruktivismus a transmisivní vyučování.....	24
2.1 Transmisivní pojetí vyučování.....	24
2.2 Konstruktivismus	26
3. Badatelsky orientované (přírodovědné) vzdělávání	32
3.1 Proč právě badatelsky orientované vzdělávání	32
3.2 Vymezení badatelsky orientovaného vzdělávání.....	33
3.3 Úrovně badatelsky orientovaného vzdělávání	36
3.3.1 Potvrzující bádání	37
3.3.2 Strukturované bádání.....	38
3.3.3 Nasměřované bádání	38
3.3.4 Otevřené bádání.....	38
3.4 Fáze badatelsky orientovaného vzdělávání	39
3.5 Přínosy a obtíže zavádění badatelsky orientovaného vzdělávání	39
4. Praktická část	41

4.1 Kroky badatelského postupu	41
4.1.2 Badatelský cyklus použitý v diplomové práci	43
5. Matematické kyvadlo badatelsky.....	44
5.1 Obecná charakteristika.....	44
5.2 Rozvoj klíčových kompetencí studentů dle RVP G.....	44
5.3 Naplňování cílů Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia	46
5.4 Seznam pomůcek	47
5.5 Jednotlivé součásti hodiny	48
5.5.1 Motivace.....	49
5.5.2 Stanovení hypotézy	51
5.5.3 Plánování experimentu.....	51
5.5.4 Měření (sběr dat)	52
5.5.5 Vyhodnocení měření	52
5.5.6 Ověření hypotézy (prezentace výsledků).....	54
5.6 Ověření konceptu „Matematické kyvadlo badatelsky“ ve výuce	56
5.6.1 Charakteristika školy.....	56
5.6.2 Charakteristika třídy.....	57
5.6.3 Pilotní praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“	57
5.7 Účinnost praktického cvičení vedeného badatelskou metodou	70
5.7.1 Testování – pretest a posttest	70
5.7.2 Vyhodnocení anketních otázek	77
5.8 Závěr z pilotního praktického cvičení Matematické kyvadlo badatelsky.	78
Závěr	81
Literatura	82
Seznam příloh	85

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

- Obrázek č. 1 : Schéma instruktivního (transmisivního) vedení hodiny.
- Obrázek č. 2 : Schéma konstruktivního vedení hodiny.
- Obrázek č. 3: Dívka s mobilním telefonem.
- Obrázek č. 4: Graf z pracovního listu pro žáky.
- Obrázek č. 5: Motivační pokus zkouška odvahy – počáteční poloha láhve.
- Obrázek č. 6: Závěr motivačního pokusu „zkoušky odvahy“.
- Obrázek č. 7: Další dobrovolník během motivačního pokusu.
- Obrázek č. 8: Výběr vhodných pomůcek pro konstrukci matematického kyvadla.
- Obrázek č. 9: Studenti na začátku práce - formulace hypotézy a sestavování matematického kyvadla.
- Obrázek č. 10: Největší a nejnestabilnější matematické kyvadlo.
- Obrázek č. 11: Měření hmotnosti závaží na digitálních laboratorních vahách.
- Obrázek č. 12: Pracovní skupina při badatelské práci.
- Obrázek č. 13: Všechny skupiny během měření potřebných dat.
- Obrázek č. 14: Tvorba grafu závislosti periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu.

Seznam grafů

- Graf č. 1 : Vyhodnocení nestandardizovaného didaktického testování

Seznam tabulek

- Tabulka č. 1: Porovnání činností žáka a učitele v transmisivním pojetí výuky
- Tabulka č. 2: Rozdíly mezi transmisivním a konstruktivistickým přístupem k výuce
- Tabulka č. 3: Porovnání tradiční a badatelsky orientované výuky
- Tabulka č. 4: Čtyři úrovně BOV
- Tabulka č. 5: Části praktického cvičení
- Tabulka č. 6: Výsledky hodnocení znalostí studentů, kteří absolvovali MKB
- Tabulka č. 7: Odpovědi na anketní otázky z posttestu

Seznam použitých zkratek

apod.	a podobně
atd.	a tak dále
č. p.	číslo popisné
BOV	badatelsky orientované (přírodovědné) vzdělávání
DiS	diplomovaný specialista
IBSE	inquiry-based science education
MKB	matematické kyvadlo badatelsky
PET	polyethylentereftalát
RVP	rámcový vzdělávací program
RVP G	rámcový vzdělávací program pro gymnázia
SPŠSE	Střední průmyslová škola strojní a elektrotechnická
ŠVP	školní vzdělávací program
tj.	to jest
VOŠ	vyšší odborná škola

Úvod

Metoda badatelsky orientovaného vzdělávání je jednou z nadějných inovačních výukových metod. Tato metoda však není zatím dostatečně rozšířená v České republice a proto je třeba ji šířit mezi, převážně přírodovědné, učitele. K tomu je za potřebí dostatečné množství volně dostupných podpůrných materiálů. Mimo teoretických publikací jsou potřeba i ukázky konkrétních úloh v souladu s badatelsky orientovanou metodou. Metodických listů pro učitele a pracovních listů pro žáky, které by přírodovědným učitelům pomohly v práci a poskytly inspiraci, jak si vytvářet vlastní hodiny s prvky badatelsky orientovaného vyučování, je v České republice nedostatek a to byl impuls pro vznik mé diplomové práce.

V diplomové práci bude formou literární rešerše zpracována problematika badatelsky orientovaného přírodovědného vzdělávání. Bude popsáno, z čeho badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání vychází a bude porovnáno se současně nejrozšířenějším přístupem ke vzdělávání – transmisivní formou vzdělávání.

V praktické části diplomové práce bude vytvořen koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou pro vybrané téma ze středoškolské fyziky. Jednotlivé části praktického cvičení vedeného badatelskou metodou budou podrobně didakticky rozebrány a popsány. Bude vytvořen metodický materiál pro učitele a pracovní listy pro žáky. Tyto materiály budou ověřeny v praxi pilotním vyučováním. Pilotní výuka bude rovněž popsána a fotograficky zdokumentována v praktické části diplomové práce.

Účinnost praktického cvičení bude ověřena nestandardizovaným didaktickým testováním formou pretestu a posttestu. Součástí testování budou i anketní otázky zjišťující pocity žáků po absolvování pilotní výuky. Výsledky nestandardního didaktického testování a anketních otázek budou zpracovány v praktické části diplomové práce.

Na základě pilotního vyučování a výsledků nestandardizovaného didaktického testování budou navrženy případné změny v konceptu praktického cvičení vedeného badatelskou metodou.

1. Teoretické koncepty ve vzdělávání

Obecně se problematikou výchovy zabývá filosofie výchovy. Nejde však o jakousi ucelenou, jednotnou představu o tom, jak by měla výchova vypadat. Pojímá velké množství různých stylů a teoretických koncepcí, různé pohledy, názory a cíle výchovy, kterých lze dosáhnout velkým množstvím didaktických nástrojů, organizačních forem a metod. Ve filozofii výchovy je možné se setkat s velkým množstvím směrů. Různí autoři nahlíží na danou problematiku různě a používají rozdílně způsoby třídění a klasifikace těchto přístupů k výchově a vzdělávání. Ať už podle přístupu k učivu, stupně aktivity žáků, podle typu poznatků, fází výuky a podobně. Jan Průcha ve své knize *Přehled pedagogiky* [1] uvádí, že filosofie výchovy řeší následující problémy (problém ve smyslu tématu):

- *smysl a účelovost edukace*
- *úlohu školní edukace*
- *řízení a kontrolu edukace*
- *obsah edukace*
- *hodnotu edukace*
- *přístup k edukaci*

Pohledů na to, jak přistupovat k edukaci, tj. výchově a vzdělávání, je mnoho. Většina didaktických teorií vychází z teorie učení, neboť to, jak se sami učíme, ovlivňuje naši představu o tom, jak učit druhé.

1.1 Didaktické teorie

Bertranda ve své knize *Soudobé teorie vzdělávání* [2] popisuje přehledný a logicky ucelený přehled teorií vzdělávání, se kterými se můžeme v dnešním světě setkat, či které za poslední desetiletí měly zásadní vliv na úvahy o tom, jak by mělo vzdělávání vypadat. Autor charakterizuje zmiňované teorie dle čtyř základních prvků: subjekt (student, žák), obsah (školní předmět), společnost (lidé okolo prostředí edukace), pedagogická interakce mezi prvními třemi prvky (učitel, média, technologie).

Podle toho, jak jsou jednotlivé prvky zastoupeny ve vzdělávacím procesu a přímo či nepřímo jej ovlivňují, vymezil Bertrand sedm hlavních směrů v současném

vzdělávání. Klasifikace těchto směrů dle Bertranda: spiritualistické teorie, personalistické teorie, kognitivně-psychologické teorie, technologické teorie, sociokognitivní teorie, sociální teorie a z akademické teorie. Teorie a jejich základní charakteristiky budou ve zkratce popsány.

Spiritualistická teorie

Teorie, jež se ubírají tímto směrem, se rovněž nazývají transcendentní či metafyzické. Hlavní podstatou je zaměření se na hledání smyslu života a převážně jeho duchovní stránkou – vztahem mezi subjektem a univerzem. Učitel by měl nechat dítěti prostor pro objevení svého vztahu k univerzu a vést dítě k radosti z učiva a učení.

Personalistické teorie

Personalistické teorie, které jsou rovněž nazývány humanistickými, nedirektivními, svobodnými nebo otevřenými teoriemi, se opírají hlavně o pojem lidského já a o pojmy svobody a autonomie osoby. Pánem svého vzdělávání je sama osoba, která je v procesu učení. Ta řídí své vzdělávání sama. Úkolem učitele je usnadňovat žákům učení, vést dítě k seberealizaci, podporují jeho svobodu a tvořivost. V praxi je tento druh teorií charakteristický volnějším stupněm vnější organizace. Jde převážně o školy založené na Montessori pedagogice a školy založené na Otevřeném vyučování.

Kognitivně psychologické teorie

Kognitivně psychologické teorie studují u žáka rozvoj kognitivních procesů, jako jsou usuzování, analýza, řešení problémů, vytváření reprezentací, prekonceptů (poznatky, jimiž žák disponuje), mentálních obrazů atd. Základy popisovaných teorií je nutné hledat ve výzkumech kognitivní psychologie, které se zabývaly různými aspekty učení. Vlastní činnost žáka zaujímá důležité postavení v procesu poznávání, neboť osvojování poznatků je výsledkem vlastní kognitivní činnosti žáka, který porovnává nové informace se svými dosavadními poznatky a vytváří tak nové poznatky a souvislosti mezi nimi. Žák sám si analyzuje a organizuje data a zařazuje je do nových kontextů a aktivně se tak podílí na svém poznávání.

Učitel staví žáka do situace, ve které může uplatnit své nové poznatky a vyzkoušet si jejich použitelnost. Na učiteli zcela závisí výběr předávaných informací, jejich uspořádání a řízení práce žáků. Jeho role je tedy velmi důležitá, protože organizuje podmínky, za kterých se potom žák sám učí na základě svých myšlenkových pochodů, přístupů k učivu a vlastních poznávacích prekonceptů, které mohou být ve shodě či rozporu s vědeckým poznáním.

Technologické teorie

Hlavním cílem technologických teorií je zlepšit úroveň a kvalitu výuky za pomoci nových technologií. Pod pojmem technologie si však nelze představit pouze nejmodernější vybavení, ale i postupy, systémy a metody výuky, na které je v těchto teoriích pohlíženo rovněž jako na technologie. Občas se také tyto technologie nazývají jako technologicko-systémové, nebo jen systémové. Důraz je kladen především na plánování a organizaci vzdělávacích procesů a na používání moderních multimediálních didaktických pomůcek a technologií. To vše zároveň zvyšuje motivaci žáků. V oblasti multimediálních technologií je stále patrný značný pokrok a neustálý posun vpřed a to učitelům neustále otevírá nové možnosti. Ať už jde o výukové programy na kompaktních discích, webu, e-learningové programy¹, používání moderních přístrojů ve výuce jako jsou např. dataprojektory, digitální kamery a fotoaparáty apod.

Sociokognitivní teorie

Sociokognitivní teorie zdůrazňuje význam kulturních a sociálních faktorů při výstavbě poznatků. Jedná se o sociální a kulturní interakce, které vytváří pedagogiku a didaktiku. Ukazují význam velkého množství sociálních činitelů, které působí na aktéry vzdělávacího procesu. Tyto okolnosti hrají, hlavně ve vyučování, velkou roli. Faktory ovlivňující průběh vyučování, jsou především osobnost učitele a jeho vliv na žáka, vliv ostatních žáků, vztah žáka ke své rodině a ke společnosti, jeho kulturní a sociální zázemí apod. Uvedené faktory zásadně ovlivňují žákův vztah ke vzdělávání.

¹ E-learning je vzdělávací proces, využívající informační a komunikační technologie k tvorbě

V České republice se v praxi můžeme s myšlenkami těchto teorií setkat například při kooperativním učení (úspěch jednoho žáka je úzce propojen s úspěchem druhého žáka, práce ve skupinách – vedle učiva si žáci osvojují i sociální dovednosti).

Sociální teorie

Sociální teorie zastávají princip, že řešení sociálních a kulturních problémů a problémů životního prostředí je ve vzdělávání. Podle zastánců této teorie je hlavním cílem vzdělávání příprava žáků na řešení jmenovaných problémů. Vzdělání vnímají jako nástroj přeměny společnosti. Hlavními znaky jsou výchova ke kritickému myšlení a vysoký podíl žáků na fungování třídy a společenství školy. Převládá snaha o odstranění frustrujících prvků výuky, jako například soutěžení, a objevuje se snaha ve studentech probouzet pozitivní pocity. Výchova je většinou multikulturní, reflektuje kulturní a sociální podmínky života žáků a zohledňuje jazykové, kulturní a sociální rozdíly mezi žáky. Velmi důležitým prvkem je i projektové vyučování, vytváření pracovních týmů, ve kterých žáci společně řeší praktické problémy dnešního světa.

Akademické teorie

V dnešní době je možné se setkat s více názvy těchto teorií, např. tradicionalistické, generalistické či klasické. Pojítkem akademických teorií je především jeden hlavní znak – soustředění pozornosti na předávání obecných poznatků. Mezi nimi jsou však i určité rozdíly, které dělí akademické teorie na dva proudy – generalistický proud a tradicionalistický proud.

Generalisté kladou důraz na obecné vzdělávání a kritické myšlení, schopnost adaptace a otevřenost ducha. U generalistů existuje názor, že mladí dnes nemají dostatečný všeobecný přehled a považují dnešní školní výuku za předčasně specializovanou a nesměřující k touze po vzdělávání se.

Oproti tomu se tradicionalisté dožadují předávání klasických znalostí, které jsou nezávislé na kultuře či sociální struktuře. Oba proudy vykazují společné role učitele a žáka. Učitel předává dané poznatky žákům a úkolem žáků je osvojení a memorování předávaných poznatků. Rovněž je u obou proudů kladen důraz na vysokou kvalitu

a maximální úsilí a předávání hodnot jako disciplína, vytrvalost v práci a studiu, úcta k tradicím, demokratickým hodnotám a smysl pro občanskou zodpovědnost.

Z akademických teorií vychází transmisivní vyučování, které je založeno na předávání informací a je častou metodou výuky na našich školách.

1.2 Vývoj přírodovědného vzdělávání

Vedle shrnujícího pohledu současného stavu didaktických teorií v dnešním světě je pro pochopení aktuálních tendencí v přírodovědném vzdělávání podstatné podívat se do historie na vývoj přírodovědeckého vzdělávání nejen v České republice, ale i ve světě. Autoři článku [3] uvádějí a stručně charakterizují jednotlivé vývojové etapy. Jejich charakteristika zde bude stručně popsána.

Druhá polovina 19. století se označuje jako **practicistní etapa** přírodovědného vzdělávání. V této etapě bylo hlavním cílem vzdělávání vytvořit u žáků kompetence pro praktický život ve společnosti. Vzdělávání však muselo čelit změnám ve společnosti (rozvoj průmyslu, nové objevy ve světě vědy – radioaktivita, kvantová teorie, STR a v neposlední řadě i vliv pedagogického reformismu a vznik alternativních škol).

Z practicistní etapy vznikla nová etapa, kterou nazýváme **přírodovědné vzdělávání, jako studium přírody**. Obsah přírodovědného vyučování byl soustředěn na poznávání věcí v okolí školy, převážně na živočichy a rostliny. Studium bylo založeno převážně na individuální zkušenosti žáka. Významnou roli hrál osobní přístup učitele. Teoretické poznatky však neodrážely rozvoj přírodních věd a byly předávány ve velice zjednodušené a redukované podobě. Pro etapu je charakteristická doba před 1. světovou válkou.

Souběžně s ní se objevovala i její alternativní etapa **přírodovědného vzdělávání jako elementární přírodovědy**. Zde však byla vlastní zkušenost a vlastní aktivita žáků potlačována ve prospěch pochopení již objevených poznatků. Potlačení činnosti badatelského charakteru však vedlo ke snížení porozumění zákonitostem přírodních procesů u žáků. Žáci přestávali chápat přírodovědné poznatky jako užitečné pro praktický život. Patrně díky tomu začaly vznikat některé nežádoucí prvky, které se v pozdějších etapách ještě více umocnily, a to je možná příčina dnešní neoblíbenosti přírodovědných předmětů.

Na etapu studia přírody přímo navazuje etapa **přírodovědného vzdělávání**. Etapa byla ovlivněna rozvojem pragmatismu. Pragmatická pedagogika se obrací k přírodním vědám, které jsou chápány (pouze) jako nástroje pokroku. Velký význam byl přikládán vlastní zkušenosti žáka tzv. „learning by doing“². Díky tomu se těžiště přírodovědného vzdělávání přesunulo od faktů k metodám systematické vědecké práce.

Etapa, jež navazuje na předchozí etapu, vznikla po 2. světové válce jako důsledek prudkého rozvoje technologií. **Polytechnická etapa přírodovědného vzdělávání**, jak je etapa nazývána, je charakteristická svými cíli vzdělávání, jež vycházely přímo z vědních oborů a neřešily individuální potřeby žáka. Obsah vzdělávání byl určován přímo z vědeckých disciplín. Důraz byl kladen na co největší přenos poznatků z vědních oborů do učebnic a následně k žákům. Způsob osvojování si těchto poznatků se dostal zcela mimo pozornost, což podpořilo rozvíjení transmisivního modelu edukace³. Polytechnická tendence byla charakteristická spíše pro Rusko, ale objevovala se i v západních zemích.

V 70. letech minulého století (především v angloamerických zemích) se začal objevovat proud, který je nazýván **humanistická etapa přírodovědného vzdělávání**. V této etapě došlo pod vlivem silících náboženských vlivů, nových kreacionistických teorií a humanistické psychologie k potlačení přírodovědného vzdělávání. Docházelo k rozšíření humanitních předmětů na úkor rozsahu přírodovědného učiva. To mělo neblahý vliv na kognitivní úsilí žáků.

Ve stejné době se převážně v zemích sovětského svazu paralelně rozvíjela **scientistická etapa přírodovědného vzdělávání**. Ta je charakteristická vysokou mírou matematizace a abstrakce v přírodovědných předmětech. Bohužel k práci s rozsáhlou abstrakcí, která byla v učivu řízeném striktně osnovami obsažena, nebyl ještě u mnoha dětí jejich mozek po vývojové stránce připraven pracovat. Přírodovědné učivo se tak stalo většinou pouze mechanickým zapamatováním faktů bez pochopení jakýchkoliv souvislostí. Výuka je hromadná a používá převážně transmisivní instruktivních vzdělávacích postupů. To v kombinaci s velkým rozsahem přírodovědného učiva vedlo k velké neoblíbenosti přírodovědných předmětů, což způsobilo pokles zájmu

² Učení se vlastní činností, zkušeností, konáním. Většinou pod vedením pedagoga.

³ Transmisivní model edukace je popsán v podkapitole 2.1.

o technické přírodovědné obory v dalším studiu žáků. S těmito důsledky scientistické etapy se určité míře potýkáme v naší republice do dnes.

Etapa dnešní doby se podle některých autorů nazývá **etapa hledání nových přístupů k přírodovědnému vzdělání**. Koncem 80. let minulého století začaly obě etapy (jak humanistická, tak scientistická) procházet krizí a v současnosti převládá snaha najít nový pohled na přírodovědné vzdělávání. Krize dosavadních vzdělávacích etap měla dvě hlavní příčiny – rozvoj informačních a komunikačních technologií a změny související s přechodem společnosti technické a technizované na společnost informační a učící se. Nezbytnou kompetencí se stala schopnost práce s informacemi, jejich vyhledávání, třídění a kritické posuzování a to v rámci celoživotního vzdělávání. Obě hlavní etapy přírodovědného vzdělávání se staly v podstatě nevyhovujícími, neboť neposkytovaly absolventům kompetence, které od nich byly v měnící se společnosti vyžadovány.

Druhá příčina souvisí s rozvojem vědeckého poznání v průběhu 2. poloviny 20. století, kdy se zcela změnil vztah mezi vědou a společností. Technologické aplikace vědeckých poznatků se staly nedílnou součástí všedního života a výrazně zvýšily jeho kvalitu. Rozvoj technologií s sebou nese i určitá rizika, která bude muset věda i společnost pomocí přírodovědného vzdělávání řešit: využívání přírodních a lidských zdrojů, trvale udržitelný rozvoj, vztah mezi vědou či technikou a společností. Rozsah těchto problémů je navíc globálního charakteru a proto by tato témata měla být zařazena do učiva.

Autoři zmíněného článku uvádějí, že podle posledních mnoha studií se celosvětovým trendem stává redukce faktografických poznatků v obsahu přírodovědného učiva ve prospěch rozvoje klíčových kompetencí žáků a schopnosti žáků řešit problémy. Společnost tak reaguje na vznikající globální problémy naší společnosti tím, že se snaží vychovávat následující generace tak, aby byly schopny řešit tyto globální problémy.

Autoři článku rovněž formulují svojí představu současné multidisciplinární etapy přírodovědeckého vzdělávání. Hlavní myšlenkou této etapy se stala multidisciplinární diferenciací vědeckých disciplín. Žáci by měli být schopni integrovat různá fakta a pojmy do vyšších, komplexnějších celků a následně celky propojit s ostatními vědními obory, jako jsou matematika, ale i historie, ekonomika apod.

S prudkým rozvojem vědy se neustále vymezuje velké množství hraničních disciplín, které vznikají s rozvojem různých oblastí výzkumu v dané vědecké disciplíně a jsou úžeji zaměřeny na konkrétní problém. Mnoho příkladů lze najít například v biologii (biofyzika, biochemie, molekulární biologie, bioorganická chemie atd.). Tento proces není patrný pouze v biologii, ale probíhá analogicky ve všech vědních disciplínách.

Dalším trendem v současném přírodovědeckém vzdělávání se stalo rozvíjení dovedností používání vědeckých metod zkoumání přírodních jevů. Metody ve výuce by měly u žáků rozvíjet schopnost klást otázky, vyhledávat důkazy pro jejich tvrzení a vytvářet racionální argumenty. Trendy orientace na kompetence a multidisciplinaritu se objevují i v dokumentech, podle kterých se v současnosti řídí naše školství. [3]

1.3 Vliv kognitivního vývoje na učení jedince

Výraz kognitivní (z latinského *cognitio* – poznání) označuje všechny duševní schopnosti, související s myšlením a poznáním. Uvedeným schopnostem se ve vzdělání věnuje zvláštní pozornost, protože spoluurčují výkonnost dětí v učení. Kognitivní schopnosti zahrnují inteligenci, úroveň myšlení, tvořivost a dokonce do určité míry i úroveň mezilidských vztahů. [4]

Mezi nejvýznamnější badatele zabývající se experimentálně problematikou kognitivního vývoje jedince, patří Jean Piaget (1896 – 1980). Jeho teorie kognitivního vývoje patří k velmi vlivným teoretickým konceptům z oblasti vývojové psychologie. Jako základní princip vývoje považoval Piaget prolínání dvou základních procesů: akomodace a asimilace. Asimilace spočívá v osvojování nových zkušeností. Osvojované zkušenosti nemusejí být v souladu s dosavadní úrovní poznání a strukturou poznatků a proto se musí mysl člověka akomodovat, tzn. přizpůsobit se těmto novým prvkům. Schopnost asimilovat nové poznatky i akomodovat se na ně je dána zčásti zráním, zčásti tím, s jakými druhy podnětů (množstvím a kvalitou) přichází jedinec do kontaktu. Zrání rozvíjí vyšší formy myšlení podle uspořádaného vzorce a víceméně podle ustáleného časového plánu. Kognitivní vývoj neprobíhá spojitě, ale je charakterizován významnými posuny. Posuny umožnily Piagetovi rozlišovat jednotlivá stadia, kterými myšlení dítěte prochází. Rychlost absolvování každého stadia je ovlivněna prostředím a vnějšími podněty působícími na dítě. V podstatě ale každý

jedinec dříve či později projde minimálně prvními stádii kognitivního vývoje. Fontana [4] popisuje jednotlivá stadia Piagetova kognitivního vývoje v chronologickém pořadí:

1. *senzomotorické (od narození do 18 - 24 měsíců)*
2. *předoperační (18-24 měsíců až 7 let)*
3. *konkrétních operací (7 - 12 let)*
4. *formálních operací (zhruba od 12 let výše).*

Stádium formálních operací považuje Piaget za závěrečné stádium kognitivního vývoje jedince pojící se s počátkem dospívání. Myšlení se sice může stále lišit od myšlení dospělých stupněm svého rozvoje, ale začíná se mu podobat svou povahou. Děti jsou schopny zachovat formu dokazování nebo formulovat hypotézu, aniž by k tomu potřebovaly konkrétní zkušenost. Důležitým znakem je rovněž fakt, že děti si uvědomují, že nabyté poznatky, které si kategorizovaly, mohou být za určitých okolností na sobě vzájemně závislé. Dalším charakteristickým znakem pro toto období je rozvoj abstraktního myšlení.

Dle Fontany Piaget pojmenoval základní strukturu tvořící základ formálních operací jako mřížově-grupovou strukturu. To znamená, že jde o strukturu, v níž může být cokoliv vztaženo k čemukoliv. Tím jedinec získává možnost vyzkoušet při úvahách o problému nebo o budoucí situaci různé hypotetické kombinace možností. Vzniká hypoteticko-deduktivní typ usuzování, protože jedinec je schopen vytvářet hypotézy i dedukovat z výsledků a tím rozvíjet pochopení předmětu, jímž se zabývá. Mít rozvinutý tento typ usuzování je nezbytné pro zvládnutí učiva badatelským přístupem.

Obdobný pohled na vývoj myšlení dospívajícího jedince uvádí ve své knize *Školní didaktika* Zdeněk Kalhous.[5] Uvádí, že v období dospívání se radikálně mění kvalita myšlenkových operací jedince. Nové kvality myšlení vyjadřuje v několika bodech:

- *Dospívající je schopen pracovat s obecnějšími, abstraktnějšími pojmy. Používá více symbolickou rovinu uvažování a nezávisí na názorných předlohách.*
- *Při řešení problémů se adolescent nespokojí s nejvíce nabízeným řešením, ale uvažuje o dalších alternativách, zkouší je a hodnotí. Jeho postup je podobný badatelskému postupu vytváření hypotéz, jejich ověřování a následné přijetí nebo zavrhnutí.*

- *Dospívající jedinec je schopen vytvářet domněnky, jež nevychází z reálné představy.*
- *Dospívající je schopen používat logické operace nezávisle na obsahu soudů, tj. bez konkrétní opory. Adolescent by měl umět přemýšlet o myšlenkách a formulovat soudy o soudech. Popsaný způsob myšlení se nazývá formálně abstraktní a je důležitým předpokladem pro pochopení některých fyzikálních jevů, algebry atd. a základem kritického myšlení. Dospívající rozlišuje domněnku od faktu a je schopen se domněnky vzdát a nahradit ji lepší domněnkou. Požaduje důkazy, zdůvodnění požadavků a jevů [5].*

Podle pedagogických psychologů nevzniká nový způsob myšlení rovnoměrně a bez opory. V některých případech může být dospívající schopen používat formální myšlení a v jiných musí používat myšlení vázané na konkrétní obsahy. Přechod z konkrétního myšlení k abstraktnímu dělá řadě žáků potíže (písmena v algebře, fyzice, vzorce v chemii) ještě na základní škole a je příčinou zhoršení prospěchu v přírodovědných předmětech, zhoršení žákova vztahu k nim i k celé škole [5].

Jak již bylo zmiňováno, vývoj inteligence není rovnoměrný a každý jedinec jej prožívá různě rychle. Kalhous [5] se odkazuje na francouzský výzkum citovaný Skalkovou. Při tomto výzkumu bylo zjištěno, že při vstupu do šestého ročníku ZŠ je 44% žáků ještě ve stádiu konkrétního myšlení, 50% žáků je v mezi stádiu a pouze 6% žáků je ve stádiu hypoteticko-deduktivního myšlení. Ve 14 letech je v posledním jmenovaném stádiu 60% žáků. Někteří jedinci nikdy nedosáhnou posledního stádia a i v dospělosti pracují pouze s konkrétními pojmy. Rozvíjení abstraktního myšlení je podle Kalhouse obtížný, ale nezbytný úkol. Schopnost práce s pojmy, symboly, hypotézami a abstrakcí dělá podle Kalhouse člověka člověkem. Ovlivňuje i jeho sociální život (schopnost v představách přemýšlet o vztazích, postojích apod.). Veškerou výuku však nejde založit na rozvíjení abstraktního myšlení, ale učení abstraktním operacím a pojmům by mělo být spojeno se živou představou a osobní zkušeností žáka [5].

1.4 Výuka založená na poznatcích z biologie

Pojem učení není přesně definovaný. Různí autoři se přiklání k různým definicím, ale společná definice neexistuje. Fontana zmiňuje, že většina psychologů by souhlasila s tvrzením, že učení je trvalá změna v potenciálním chování jedince v důsledku zkušenosti. Autoři článku [6] tvrdí, že způsob jakým vyučujeme, vychází z našich představ o způsobu lidského učení. Představy o způsobu lidského učení ovlivňují i podobu kurikulárních dokumentů. Oblast vědy zkoumající hraniční oblast mezi psychologií a didaktikou se nazývá psychologie vyučování nebo psychodidaktika. Psychologie vyučování vychází ze tří základních směrů:

- *biologicko-evoluční*
- *kulturně-sociální*
- *technicko-systémový*

které charakterizoval ve své knize Kalhous. [5]

1.4.1 Biologické a evoluční pohledy na učení a vyučování

Učení pokusem a omylem probíhá u různých organismů. Rovněž sociální učení, učení od příslušníků vlastního druhu pozorujeme i u jiných druhů, než pouze u člověka. Základním pojmem života je adaptace – přizpůsobení se živého organismu na změny v prostředí. Dovednost adaptace umožňuje organismu přežít. V určitém prostředí žijí druhy, které se na něj v průběhu evoluce adaptovaly. Nejde však pouze o pasivní změnu. Organismus je schopen aktivně měnit prostředí a předávat modifikované prostředí svým potomkům. Když se prostředí začne měnit, např. vlivem klimatických změn, musí se organismus přizpůsobit. U pomalu probíhajících změn se druh stačí adaptovat biologickou cestou – postupně se vytvoří soubor reflexů a dovedností, který se stane součástí genotypu organismu. Adaptovaný genotyp umožní mláďatům přežít v novém prostředí. Když rychlost změn v prostředí roste a organismus se nestačí adaptovat biologickou cestou pomocí genů, musí si organismus osvojit adaptační chování jinak, např. sociálním učením od rodičů.

Člověk si vytvořil stabilní systém předávání (transmise) velkého objemu informací ze starší generace na mladší. Transmise vedla k vývoji lidského rodu do dnešní podoby. Důležitou roli ve vývoji lidského rodu sehrál i fakt konstrukce lidského prostředí jak fyzického, tak i sociálního a kulturního.

Během vývoje lidské společnosti došlo k mnoha klimatickým změnám. Člověk, jako tvor s velkým mozkem a velkou schopností učení byl ve výhodě i za cenu energetické náročnosti mozku. Od poslední doby ledové je klima velmi stabilní, avšak člověk sám se stal zdrojem tak velkého množství podnětů, že potřeba vysoké schopnosti adaptace trvá. Podle autora lze očekávat, že v budoucnu studium lidského genomu a mozku přinese lepší porozumění člověku a podkladům, kterými je vybaven pro učení. Uvedené podklady jsou základem pro naši snahu ovlivňovat osobnost žáka učním. [5]

1.4.2 Podněty sociálních a kulturních věd

Podněty sociálních a kulturních věd jsou významově srovnatelné s biologickými podněty. Kalhous uvádí, že kulturní a sociální antropologie začala nejdříve studovat exotické národy a společnosti. Všechny sociální vědy naučila, že není možné studovat člověka odděleně od jeho kultury. Postupně zaměřila svou pozornost na naši vlastní kulturu. Podle Kalhouse v současnosti teorie školního vzdělávání ovlivňuje kulturní psychologie. Má několik proudů, z nichž nejvíce naší pedagogiku ovlivnila činnostní teorie, která zdůrazňuje význam sociálně organizované činnosti pro utváření psychiky jedince. Zaměřuje se na široký sociální kontext, sociální prostor, historickou situaci, objektivní podmínky, v nichž jednatel konstruuje významy svých zkušeností. [5]

Vygotskij podle Kalhouse soudil, že k rozvoji abstraktního a pojmového myšlení adolescenta vedou požadavky vnějšího sociálního světa spojené se vstupem do práce, kultury a vztahů. Nový způsob myšlení je důsledkem nových úkolů, se kterými přichází jedinec do kontaktu. [5]

1.4.3 Podněty z technických oborů – systémová analýza

Při realizaci obtížných technických projektů jako vývoj raketové techniky, byla vyvinuta metoda plánování a řízení – systémová analýza. Systémová analýza je metodický postup koordinující práci velkého množství lidí a zajišťuje kvalitu v každém kroku řešení složitého problému. Díky systémové analýze se zvýšila účinnost práce v mnoha oborech. Objevuje se snaha zavést ji i do oblasti teorie a praxe vzdělávání [5].

Kalhous přirovnává školu k určitému systému⁴. Každá změna provedená v systému školy bude mít vliv na celý systém. Škola je zároveň podsystémem systému vyššího řádu – společnosti. Ve společnosti se vedle školy jako další prvek projevuje např. rodina. Jeden prvek nemůže zcela nahradit funkci druhého prvku, aniž by došlo ke zhoršení vlastní funkce – vzdělávání dětí. [5]

Z provázanosti prvků systému lze vyvodit, že změna jednoho prvku bude mít vliv na ostatní prvky systému. Učitel, který chce změnit a modernizovat systém výuky svého předmětu, se nesmí spokojit s drobnými úpravami. Nestačí izolovaně inovovat svou výuku. Systémové myšlení neodděluje otázky „co učit“ (RVP) od otázek „jak učit“ a „jak hodnotit“ (formy a metody vyučování a evaluace). [5] Kalhous aplikuje systémovou analýzu na přípravu a realizaci výuky ve třech krocích:

1. *zjištění potřeb a současné úrovně žáka;*
2. *formování cílů;*
3. *návrh, realizace a hodnocení vyučování.*

Zajímavé je, že většina společnosti si představuje náplň práce učitele jako realizaci vyučování. Tato představa se shoduje pouze s jedním ze tří pojmů v posledním bodě přístupu systémové analýzy. Systémový přístup věnuje mnoho pozornosti analýze cílů vzdělávání, jejich přesné formulaci a hodnocení jejich dosahování. Pojem behaviorálních (prostřednictvím chování žáka) cílů výuky se stal centrem systémového přístupu k výuce. Kalhous zmiňuje jeden z ústředních pojmů systémové teorie: zpětnou vazbu – schopnost systému sledovat úroveň výstupů a podle nich měnit své chování. Systém – tedy i škola – musí být schopen učení a reflexe [5].

Kalhous uvádí i námitky proti systémovému přístupu. Například studování systému jako celku. V rámci systému jsou některé prvky důležitější než jiné. Barva automobilu není tak podstatná pro funkci, jako motor automobilu. Proto lze studovat prvky systému samostatně. Znalost provázanosti složek systému může působit negativně na snahu reformovat celý systém a budí pocit bezmocnosti učitele vůči systému. I přes uvedené výhrady je podle autora systémový přístup cenným nástrojem pro poznání školy a pro řízení procesu výuky [5].

⁴ Systém je soubor objektů a vztahů (vazby, síly), které mezi objekty existují, ale i vlastnosti objektů rozhodně patří do systému. V systému můžeme vymezit dílčí celky – subsystémy (systémy nižšího řádu) [5].

2. Konstruktivismus a transmisivní vyučování

Pro porozumění badatelskému přístupu vyučování je potřeba být obeznámen s konstruktivistickým pojetím vzdělávání a způsobem, jakým se liší od transmisivního přístupu ke vzdělávání. V následujících podkapitolách bude stručně charakterizován tradiční, transmisivní přístup, konstruktivistický přístup a jejich vzájemné porovnání.

2.1 Transmisivní pojetí vyučování

Ve většině českých škol mnoho vyučovacích metod vychází z pojetí tradičního (transmisivního) učení. Pro tradiční pojetí učení je charakteristická transmise – proto je tradiční učení často označováno jako transmisní. Podle článku [7] je transmise předávání hotových, logicky uspořádaných poznatků a vědomostí z učitele na žáka. Transmise předpokládá „otisk“ předaných poznatků do paměti žáka tak, jak mu byly sděleny bez hlubšího pochopení souvislostí mezi nimi.

Směr tradičního vyučování je charakteristický i učitelovým přístupem k žákovi. Učitel předává značné množství hotových poznatků žákovi ve víře, že jde o nejjednodušší a nejrychlejší způsob vzdělávání. Žákova role je pasivní a spočívá v ukládání předaných vědomostí do paměti. Učitel neklade velký důraz na vzájemné propojení poznatků. Podle autorů článku [6] zaujímá učitel v transmisivním pojetí výuky roli trenéra, který vede své svěřence k maximálnímu výkonu u životně důležité zkoušky. Cvičí žáka v řešení typových úloh, ukazuje mu triky, jak si může řešení ulehčit a zrychlit. Častým opakováním upevňuje v paměti žáka předané poznatky a hledá způsoby, jakými žákům ulehčit pamatování si velkého množství poznatků. K dosažení svých cílů používá učitel různých nástrojů, které mají motivační charakter (tresty a odměny).

Charakteristický je i pohled na žáka. Podle autorek článku [7] je žák ten, kdo nic neví a do školy přichází, aby se všemu naučil. Žák je v závislém postavení, kdežto učitel zaujímá roli experta - direktivní autority. Učitel nepřipouští názory žáků a jejich představy o dané problematice. To co učitel řekne, je správně. Úspěšnost a inteligence žáka je hodnocena podle množství poznatků, které si osvojil. Analogicky tedy platí, že kdo má dobrou paměť a je schopen si v množství poznatků nalézt souvislosti je úspěšný. Z uvedeného způsobu hodnocení vyplývá důsledek transmisivní přístupu

ke vzdělávání – rozvíjí se paměťové učení na úkor rozvoje logického myšlení. Žák si osvojuje poznatky „pouhým“ memorováním a na základě znalosti faktů je hodnocen. Po hodnocení se pro něj poznatky stávají nadbytečné a dochází k jejich zapomenutí. Pro transmisivní vyučování je charakteristická absence diferenciacce a individualizace ve výuce. Podle autorů článku [6] je centrem učitelova zájmu učivo, nikoliv žák a jeho rozvoj.

Pro lepší charakteristiku je v tabulce 1 uveden přehled činností učitele a žáka v tradičním (transmisivním) pojetí výuky.

Tab. 1: Porovnání činností žáka a učitele v transmisivním pojetí výuky [8].

činnosti učitele	činnosti žáka
<p>Stanovuje si, co bude v hodině probírat.</p> <p>Rozdělí učivo na tematické celky a témata, která odpovídají kapitolám v učebnici, pro vyučovací hodinu si vybírá určité téma.</p> <p>Vybrané téma oznámí žákům na začátku hodiny.</p> <p>Na začátku hodiny opakuje a zkouší učivo z předchozích hodin jako přípravu pro novou učební látku.</p> <p>Nové učivo vyloží žákům (studentům).</p> <p>Provede zápis na tabuli (popř. nadiktuje zápis).</p> <p>Řídí opakování a upevňování učiva.</p> <p>Kontroluje zvládnutí požadovaných znalostí a dovedností.</p> <p>Hodnotí zvládnutou úroveň učiva.</p> <p>Na základě podaných výkonů rozdělí žáky do několika skupin a oznámkuje.</p> <p>Probrané učivo přesune do kategorie „staré učivo“.</p> <p>Připravuje pro žáky „nové učivo“.</p>	<p>Netuší, co bude v hodině dělat, nebo má jen matnou představu na základě dříve zpracovaného učiva, vzpomíná, kde se s tématem setkal.</p> <p>Vyslechne informaci, které téma se bude probírat a kde toto téma najde v učebnici (Cíle, kterých má v hodině dosáhnout, mu zůstávají skryté).</p> <p>Prokazuje, co si zapamatoval z předcházející hodiny a jak zvládá „staré učivo“.</p> <p>Poslouchá a vnímá výklad učitele (rozdílně a v různé intenzitě).</p> <p>Provádí zápis do sešitu.</p> <p>Odpovídá na položené otázky, prokazuje tím, že učitelův výklad poslouchal, že učivo „chápe a rozumí mu“.</p> <p>Řeší zadané úkoly, aplikuje zvládnuté postupy na upravené situace, reprodukuje učivo.</p> <p>Vyslechne a vnitřně zpracuje informaci o udělené známce (Někdy bezprostředně po výkonu, jindy s časovým zpožděním. Méně často se dozví, co neuměl a co má dělat, aby zjištěné nedostatky odstranil).</p> <p>Učivo a činnosti, které byly předmětem hodnocení, přesouvá do kategorie „staré učivo“ (není třeba se jimi již nadále zabývat).</p>

2.2 Konstruktivismus

Konstruktivistické pojetí vyučování patří v současnosti k nejvýznamnějším a nejpropagovanějším konceptům výuky. Podle Kalhouse se řada dnešních pokusů o inovaci pojetí vzdělávání hlásí ke konstruktivismu [5]. Pedagogický slovník [9] vymezuje konstruktivismus ne jako konkrétní pojem, ale jako

„široký proud teorií ve vědách o chování a sociálních vědách, zdůrazňující jak aktivní úlohu subjektu a význam jeho vnitřních předpokladů v pedagogických a psychologických procesech, tak důležitost jeho interakce s prostředím a společností“.

Někdy se konstruktivismus vymezuje jako snaha o překonání transmisního pohledu na výuku, popsaného v předchozí kapitole, kde jsou žáci v roli pasivních příjemců poznatků.

Základní předpokladem je, že dítě je jedinečnou bytostí, která má rozdílné předpoklady k učení. Učitelova role spočívá v nalezení optimální cesty za vzděláním pro každého žáka (proto je toto pojetí také někdy označováno jako orientované na žáka). Prioritou přitom pro učitele není předat žákovi co nejvíce informací a encyklopedických znalostí, ale jeho úkolem je odhalit v žákovi jeho vnitřní potenciál a pomoci mu v jeho realizaci.

Podle zastánců konstruktivismu si žáci sami konstruují významy a porozumění smyslu, když aktivně pracují s předloženými informacemi. Tato výstavba je výrazně ovlivněna žákovou ucelenou představou o podobě světa kolem něj. Žákova představa je základem jeho vnímání, učení, porozumění informacím, racionálního i tvořivého uvažování. U této představy žákova mysl setrvává do té doby, dokud si podle ní uspokojivě vyloží vše, co se kolem něj děje a co ho zajímá. Pokud mu už představa o tom podobě světa nestačí, musí být přetvořena a zdokonalena, aby opět podávala uspokojivé vysvětlení okolního světa [5].

Proces modifikace (konstrukce či re-konstrukce) žákovi představy (prekonceptu) má dvě fáze. V první fázi žák zkoumá nový jev, myšlenku či předmět a srovnává ho se svou dosavadní představou (prekonceptem). V případě neshody s dosavadní znalostí nastává nerovnováha. Druhá fáze následně řeší tuto nerovnováhu opětovným nastolením rovnováhy. Rovnováha nastane poté, co dojde ke změně dosavadního pojetí. Konstruktivisticky založené vyučování se snaží vytvořit takové situace, které budou v žákovi vyvolávat pocit napětí mezi dosavadní představou a novou informací či

zkušeností. Předpokladem je diagnostika intuitivních představ žáka o daném jevu a poté poskytnutí nové zkušenosti, která u žáka vyvolá kognitivní konflikt s jeho dosavadní představou. Aby žák tento konflikt vyřešil, musí nalézt nebo konstruovat nová řešení [5].

Konstruktivismus se vnitřně dělí na několik proudů a realizace konstruktivistických didaktik ve vyučování má více podob. Podrobně jsou tyto směry popsány např. v článku [6]. Cílem mé práce není podrobný rozbor konstruktivismu, a proto zájemce o bližší seznámení s vnitřními proudy konstruktivismu odkazují na výše citovaný článek.

Na konstruktivistické vyučování nelze podat nějaký univerzální návod, protože podstatou tohoto přístupu je autentičnost, hledání, bohaté využívání vlastních zkušeností a jednou z jeho základních charakteristik je nepředvídatelnost. Nové myšlenky se mohou objevovat v kontextech, kde to učitel původně neplánoval. [6]

Jak by to tedy vypadalo v konstruktivistické třídě? Souhrn společných znaků konstruktivistického vyučování popsala ve své publikaci Nezvalová [10]:

- Žáci přicházejí do třídy s prekoncepty o přírodě a přírodovědných dějích a procesech. Tyto prekoncepty jsou základem přírodovědného vzdělávání a jsou rozhodující pro postup učení.
- K rozvoji přírodovědných kompetencí, žáci musí mít hluboké vědomostní základy, pochopit vztahy mezi znalostmi a existující znalostní struktury a dovednosti aplikovat tyto vědomosti a znalosti.
- Žáci musí být schopni řídit své učení vzhledem ke stanoveným cílům, monitorovat a hodnotit své výsledky.
- Učitelé musí znát prekoncepty, na jejichž základě konstruují výuku a rozhodují se o dalších postupech.
- Žáci se přírodovědným předmětům učí efektivně, jestliže je využíváno prekonceptů a jejich každodenní zkušenosti a pomocí experimentování jsou budovány nové přírodovědné koncepty.
- Učitelé integrují metakognitivní dovednosti v kurikulu a umožňují tak vyučovat tyto dovednosti explicitně.

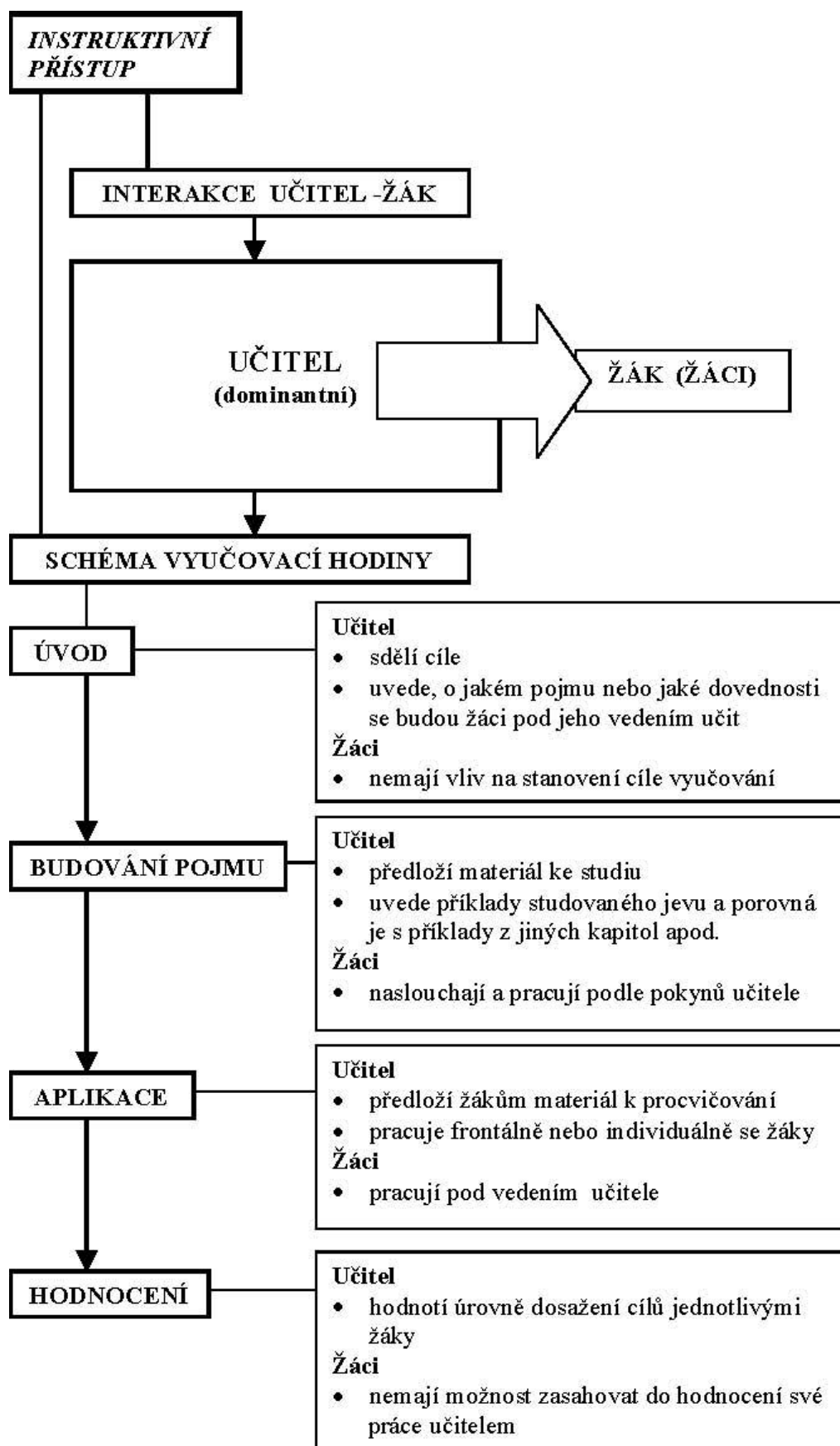
- Učitelé kladou důraz na porozumění konceptům a jejich vzájemnému propojování.
- Učitelé pomáhají studentům pochopit „jak se učit“. Žáci si neumí vytyčit cíle, kontrolovat, řídit a hodnotit svůj proces učení. Má-li být jejich učení smysluplné, pak studenti spojují jednotlivé koncepty v celek, porozumí obsahu a reflektují své výsledky a pokroky v učení. [10]

Konstruktivisté poukazují na to, že žáci se mají učit nejen holá fakta nebo mechanické provádění postupů, jak je tomu u transmisivního pojetí. To je velmi důležité zejména v přírodovědném vzdělávání. Porozumění je budováno na základě prekonceptů a předchozí zkušenosti žáky. Hlubší porozumění jejich významu a smyslu probíhá na základě praktických činností a experimentování žáka, aktivní práce s informacemi a zkušenostmi. Základem se tedy stává důraz na činnostech. Tyto činnosti bývají zprvu fyzické (manipulace s předměty), později jakmile má žák určitou představu – probíhají v mysli jedince (tzv. mentální operace). [5]

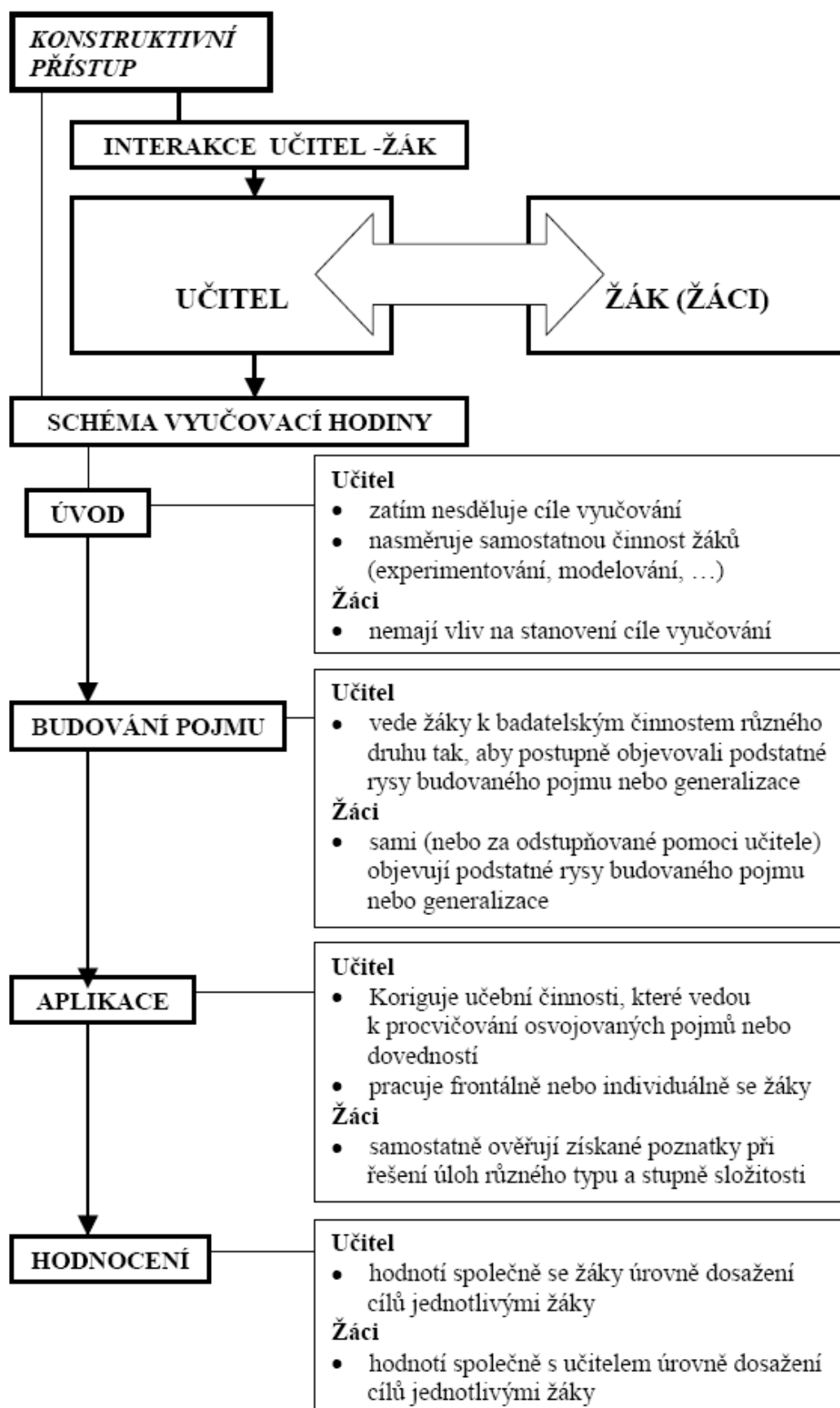
Závěrem by bylo vhodné přehledně poukázat na rozdíly mezi tradičním přístupem k výuce (transmisivní, instruktivní výuka) a konstruktivistickou výukou (výuka orientovaná na žáka). Tyto rozdíly jsou uvedeny v tabulce 2. a na obrázcích 1 a 2 jsou vidět rozdílná schémata vyučovacích hodin obou přístupů.

Tab. 2: Rozdíly mezi transmisivním a konstruktivistickým přístupem k výuce [10]

Tradiční výuka	Konstruktivistická výuka
Kurikulum je prezentováno od částí k celku, důraz je kladen na vědomosti;	Kurikulum je prezentováno od celku k částem s důrazem na základní (velké) koncepty;
Důraz na zapamatování, dotazy nejsou vítány;	Žákovské dotazy jsou vítány a vysoce hodnoceny;
Žáci jsou vnímáni jako „prázdná nádoba“, úkolem učitele je „naplnit“ ji vědomostmi;	Žáci jsou vnímáni jako myslící jedinci s intuitivními představami o světě (prekoncepty)
Kurikulární aktivity jsou zaměřeny na práci s učebnicí a sešitem;	Kurikulární aktivity jsou zaměřeny na primární zdroje dat, manipulaci s nimi a experimentování;
Učitelé dodržují didaktické postupy pro sdělování informací;	Učitelé využívají interaktivních postupů a vytvářejí vhodné podmínky pro učení žáků;
Učitelé očekávají správnou odpověď, chyba je negativně hodnocena;	Učitelé využívají odpovědi žáků k informaci jak rozumí konceptům, na základě eventuálních miskonceptů se rozhodují o dalších postupech, chyba je součástí procesu učení;
Hodnocení výsledků žáka je záležitostí učitele, využívá se testování, je odděleno od procesu učení;	Hodnocení výsledků žáka je interaktivní, žák se účastní aktivně hodnocení, které probíhá současně s procesem učení, využívá se pozorování žáka v činnosti, prezentací a portfolia;
Žáci ve výuce pracují převážně samostatně;	Žáci ve výuce pracují převážně ve skupinách.



Obr 1.: Schéma instruktivního (transmisivního) vedení hodiny. Převzato z [10]



Obr 2.: Schéma konstruktivního vedení hodiny. Převzato z [10]

3. Badatelsky orientované (přírodovědné) vzdělávání

Pojem badatelsky orientované vzdělávání/vyučování vznikl doslovným překladem anglického sousloví „Inquiry-based education“ IBE. (Tento výraz pochází z U. S. angličtiny. Britové používají výraz „Enquiry-based education.“). V případě, že se jedná o vyučování přírodním vědám, používá se sousloví Inquiry based science education, IBSE. Do češtiny přeloženo jako badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání/vyučování. Jako český ekvivalent pro IBSE se v češtině zažila zkratka pro jakékoliv badatelsky orientované vzdělávání BOV. V následujícím textu práce bude používána zkratky BOV označující badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání, BOV=IBSE. [10]

3.1 Proč právě badatelsky orientované vzdělávání

Mezi důležité faktory ovlivňující formování a celkový rozvoj osobnosti, převážně kognitivní rozvoj, patří bezesporu zájem jedince o tento rozvoj a také patřičná motivace. Zájem mladých lidí o technické obory a o rozvíjení sebe sama v této oblasti má dlouhodobější klesající tendenci. Studie některých vysokých škol uvádějí, že počet studentů fyziky poklesl na polovinu [11]. Za posledních deset let výrazně klesl počet studentů učitelství fyziky na českých vysokých školách. Jedním z faktorů, proč tomu tak může být je podle doc. Josefa Trny (děkan pedagogické fakulty Masarykovy university v Brně a didaktik přírodovědných předmětů) špatný způsob výuky fyziky, chemie a dalších přírodovědných předmětů. Avšak s rozvojem technologií mají přírodovědné předměty stále větší přínos pro naši společnost a klesající počet odborníků v přírodovědných oblastech znamená problém pro rozvoj společnosti. Řešení této „krize přírodovědného vzdělávání“, jak je některými autory současný stav nazýván, se musí nejprve odvíjet od prošetření současného stavu. V nedávné minulosti proběhlo několik výzkumů, které mají objasnit příčiny tohoto nezájmu a špatného vztahu mladých lidí k přírodním a technickým vědám a najít možná řešení, jak nepříznivou situaci změnit a zvýšit zájem o přírodní a technické obory u mladých lidí. [12]

Shrnutí výsledků těchto výzkumů u nás i v zahraničí jsou uvedeny v článku [12]. Výsledky většiny výzkumů jsou velmi podobné a vyvstávají z nich stejné závěry. Žáci a studenti považují přírodovědné předměty jako zajímavé a důležité pro život,

na druhou stranu je ale vnímají jako obtížné v porovnání s jinými předměty a označují je jako neoblíbené. Tato rozporuplnost navíc roste s věkem. Přírodovědné předměty jsou více neoblíbené na střední škole, než na druhém stupni základní školy. Podle výsledků výzkumu TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study) zájem o přírodovědné předměty klesá na všech úrovních vzdělávání. Výzkumy PISA (Programme for International Student Assessment) ukazují, že čeští studenti mají osvojené velké množství přírodovědných poznatků, definic a teorií, ale mají potíže o přírodovědných problémech samostatně uvažovat a zkoumat je, vytvářet hypotézy, využívat různé výzkumné metody a postupy, získávat a interpretovat data, formulovat a dokazovat závěry. O přírodě tedy hodně vědí, ale málo jí rozumí. [12].

Převážně encyklopedické znalosti a memorování faktů a informací není v dnešní době moderních technologií a internetu důležitou dovedností. Je ovšem důležité snadno dostupná fakta a informace umět zpracovávat, porozumět jim a dokázat je smysluplně využít. Jsou hledány nové metody a inovativní postupy ve vzdělávání, které by zvedly zájem o přírodovědné předměty, a motivovaly žáky k jejich studiu a zároveň by naučily žáky, jak více rozumět souvislostem v přírodě. Jako jeden z možných způsobů inovace vzdělávání a vyučování přírodovědných předmětů se jeví badatelsky orientované vyučování. Tento způsob výuky je doporučován i ve zprávě Evropské komise Science education NOW: *A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* [13] jako metoda, která vykazuje značný potenciál zvyšovat zájem dětí i zlepšovat jejich výsledky v přírodovědném vzdělávání.

3.2 Vymezení badatelsky orientovaného vzdělávání

Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (BOV) vychází z konstruktivismu. Tato badatelská metoda představuje výukový postup založený na vlastním zkoumání, při kterém se uplatňuje řada aktivizujících metod. BOV znamená odklon od tradiční výuky, která je založena převážně na osvojování poznatků, k systému výuky, který klade důraz na koncepční porozumění a logický proces osvojování dovedností. Podstatou této metody je zapojení studentů do objevování přírodovědných zákonitostí, propojování informací do smysluplného kontextu, rozvíjení kritického myšlení a podpora pozitivního postoje k přírodním vědám. Studenti by měli

být schopni vysvětlit, co a proč se učí. Důraz je kladen na výuku jako bádání (inquiry), ne jako memorování faktů.

Stěžejním pojmem je termín „inquiry“, tedy „bádání“ či „objevování“. Badatelsky orientovaná výuka je tedy inspirována bádáním a badatelskými postupy. Tyto postupy se uplatňují ve vyučování. Abychom správně pochopili BOV, musíme se zamyslet nad významem a podstatou termínu „bádání“. Stuchlíková [14] uvádí, že „inquiry je vymežováno mnoha různými způsoby. Pro různá vymezení pak nalézá následující společný „průnik“. Bádání (Inquiry) je cílevědomý proces formulování problémů, kritického experimentování, posuzování alternativ, plánování zkoumání a ověřování, vyvozování závěrů, vyhledávání informací, vytváření modelů studovaných dějů, rozpravy s ostatními a formování koherentních argumentů [14]. Podle Samkové [15] je bádání činnost, při které:

- pozorujeme,
- dedukujeme,
- nabízíme hypotézy,
- snažíme se je ověřit,
- nemusíme dojít k žádnému konečnému závěru,
- závěry závisí na našem momentálním rozhledu,
- různí badatelé mohou interpretovat stejná fakta různě.

Základem každého bádání, kromě motivace, je pozorování. Každý jednotlivec však může danou věc pozorovat jinak, či pozorování nemusí být správné a malé chyby v pozorování mohou způsobit velké chyby v konečném výsledku. Podívejme se na obrázek 3.



Obr. 3: Dívka s mobilním telefonem [16]

Dnes asi každý na obrázku rozpozná telefonující dívku. Jak by ale tento obrázek popsali lidé před 25 lety?

Dle Papáčka [17] je badatelsky orientované vyučování „...jednou z účinných aktivizujících metod problémového vyučování. Vychází z konstruktivistického přístupu ke vzdělávání. Učitel nepředává učivo výkladem v hotové podobě, ale vytváří znalosti cestou řešení problému a systémem kladených otázek (komunikačního aparátu). Má funkci zavedení průvodce při řešení problému a vede přitom žáka postupem obdobným, jaký je běžný při reálném výzkumu. Od formulace hypotéz (Jak co asi funguje? Jakou to má roli ...?), přes konstrukci metod řešení (Jak to zjistit ...?), přes získání výsledků zjištěných metodikou, na které se žáci s učitelem dohodli (Co jsme pozorovali? Co jsme změřili? Co nám ukázal ten který experiment?) a jejich diskusi (Co může být jinak? Co lze formulovat jinak? Co tomu říkají informace na internetu a v literatuře?) až k závěrům (Takhle to je. Takhle by to mohlo být ...). To umožňuje žákovi relativně samostatně a v kooperaci se spolužáky formulovat problém, navrhnout metodu jeho řešení, vyhledávat informace, řešit problém prodiskutovaným způsobem, a tak aktivně získávat potřebné kompetence, znalosti, dovednosti a komunikační schopnosti.“ [17]

Tento proces má za cíl posílit učení založené na větším zapojení žáků o výuky, ukázat žákům více možností poznání a způsobů, jak toho dosáhnout. Pomocí takto osvojených znalostí, vědomostí a dovedností se žák dokáže lépe orientovat v problematice daného oboru, formulovat otázky a problémy a aktivně je řešit. Taková metoda je daleko efektivnější, než pouhé přenášení poznatků z učitele na žáka, jak se tomu děje při tradiční výuce.

Tab. 3: Porovnání tradiční a badatelsky orientované výuky [18]

	Tradiční výuka	Badatelsky orientovaná výuka
Teorie principu učení	behaviorismus	konstruktivismus
Účast žáků	pasivní	aktivní
Zapojení do výsledku práce	snížená odpovědnost	zvýšená odpovědnost
Role žáka	nechává se vést učitelem	sám řeší problémy
Cíle osnov	orientace na cíl	procesní orientace
Role učitele	vedoucí	průvodce

Důležitým faktorem v BOV je otevřené učení. Otevřené učení je výuková metoda bez striktních cílů, jichž musí žáci dosáhnout. Projevuje se i při experimentech. Žáci nepostupují bezmyšlenkovitě a pasivně podle návodu, ale do určité míry se podílí na podobě experimentu a měli by chápat, co, jak a proč to dělají. Učitel má roli facilitátora, koordinátora činností či průvodce, který žákům do určité míry pomáhá a radí při jejich vlastním procesu výzkumu. Pomáhá žákům identifikovat důležité body výzkumu nezbytné k řešení problému. Vede žáky obdobným způsobem, jakým je veden reálný výzkum. Ale bylo by mylné domnívat se, že žáci dokáží bádat na stejné úrovni, jako skuteční vědci od začátku a zcela nezávisle. V závislosti na věku a množství osvojených dovedností a schopnostech se úrovně bádání liší. Tyto úrovně jsou však v odborné literatuře rozděleny podle toho, do jaké míry je učitel žákům při jejich bádání nápomocen. [14][15][19]

3.3 Úrovně badatelsky orientovaného vzdělávání

Podle podmínek, které učitel má, si může vybrat svou úlohu kdekoliv mezi dvěma extrémními póly. Papáček tyto póly definuje následovně:

- řízené BOV – učitel je manažerem, průvodcem a organizátorem, který směřuje žáky k závěrům jejich hledání,
- otevřené BOV – žák je manažerem a organizátorem vyučování. Někdy dokonce problém sám vybírá. [17]

Tyto póly určují mantinely, ve kterých se učitel může pohybovat. Nenaznačuje však, jakou podobu by mohlo badatelsky orientované vzdělávání mít mezi těmito mantinely. Jistou orientaci poskytuje Stuchlíková [14], která BOV dělí na:

- **potvrzující bádání:** otázka i postup jsou studentům poskytnuty, výsledky jsou známy, jde o to je vlastní praxí ověřit
- **strukturované bádání:** otázku i možný postup sděluje učitel, studenti na základě toho formulují vysvětlení studovaného jevu,
- **nasměrované bádání:** učitel dává výzkumnou otázku, studenti vytvářejí metodický postup a realizují jej,
- **otevřené bádání:** studenti si kladou otázku, promýšlejí postup, provádějí výzkum a formulují výsledky.

Toto rozdělení shrnul Trna do přehledné tabulky a jednotlivé úrovně BOV popsal pro větší názornost.

Tab. 4: Čtyři úrovně BOV [19].

Úroveň BOV	Otázky (stanovené učitelem)	Postup (stanovený učitelem)	Řešení (stanovené učitelem)
1. Potvrzující	ano	ano	ano
2. Strukturované	ano	ano	ne
3. Nasměřované	ano	ne	ne
4. Otevřené	ne	ne	ne

Oblastí, která od badatelsky orientovaného přístupu k učení očekává nejvíce, jsou přírodní vědy. Bádání je podstatou těchto věd a realizace experimentu tvoří jeho důležitou část. Stejně tak tomu je i v badatelsky orientované výuce přírodovědných předmětů, kde má experiment základní roli. Není však úplně snadné experiment do výuky vhodně zařadit a didakticky transformovat učivo do podoby BOV. Trna ve svém článku říká: „*Stejně jako žáci a studenti nemohou okamžitě přejít od tradičních metod výuky do badatelského způsobu, musí se i učitelé připravit na vhodnou aplikaci IBSE ve výuce. Je důležité používat adekvátní experimenty a praktické činnosti pro příslušnou úroveň bádání.*“ [19]

3.3.1 Potvrzující bádání

Potvrzující bádání je nejjednodušší úrovní BOV. Při potvrzujícím bádání jde, jak z názvu vyplývá, o potvrzení nebo ověření zákonitostí a teorií. Potvrzující bádání je vhodné zařazovat na začátku zavádění BOV do výuky a k postupnému seznámení žáků s BOV. Při potvrzujícím bádání si učitel klade za cíl rozvinout pozorovací, experimentální a analytické dovednosti žáků. Je nanejvýš důležité, aby žáci získali praxi s experimentováním a osvojili si základní badatelské dovednosti, jako je např. sestavování aparatur, sběr a zaznamenávání dat. Tyto dovednosti budou žáci potřebovat v dalších úrovních BOV. Přibližné výsledky prováděných experimentů jsou předem známy a žáci mají postup experimentování určený učitelem. Učitel je v této fázi průvodce žakovým bádáním. [19]

3.3.2 Strukturované bádání

Na této úrovni učitel klade otázky, kterými žáky navádí během jejich bádání a tím stanovuje jejich cestu. Tím učitel výrazně ovlivňuje bádání žáků. Žáci hledají řešení (odpovědi) pomocí svého bádání a vytvářejí vysvětlení na základě důkazů, které shromáždili. Učitel relativně podrobně stanoví postup experimentu, ale řešení není žákům předem známo. Svoji tvořivost žáci projevují při objevování zákonitostí. Při svém bádání jsou žáci regulováni pokyny od učitele. Trna dodává, že *„Tato úroveň bádání je velmi důležitá pro rozvoj schopností žáků a studentů provádět vyšší úroveň bádání.“* [19]

3.3.3 Nasměřované bádání

V této úrovni dochází k výrazné změně úlohy učitele v badatelsky orientovaném vyučování. Učitel se stává více průvodcem bádání a společně s žáky stanovuje problémy a výzkumné otázky, poskytuje rady při plánování a realizaci vlastního bádání. Postupy pro ověření výzkumných otázek a pro jejich následné řešení navrhnou žáci sami. Učitel na této úrovni pomáhá žákům výrazně méně, než jak tomu bylo na úrovních předcházejících. Trna poukazuje na to, že *„Žáci a studenti by měli mít zkušenosti z předchozích nižších úrovní bádání, aby byli schopni takto samostatně experimentovat (pracovat).“* [19]

3.3.4 Otevřené bádání

Tato nejvyšší úroveň badatelského přístupu k vyučování navazuje na předchozí úroveň bádání a je nejbližší skutečnému vědeckému postupu. Žáci by na této úrovni měli být schopni sami sestavit výzkumné otázky, postup bádání, zaznamenat a analyzovat data a vyvodit závěry z důkazů, které získali během experimentu. To ale vyžaduje vysokou úroveň vědeckého myšlení a klade vysoké kognitivní požadavky na žáky, proto je použitelné pro nejvyšší věkové kategorie či nadané žáky. [19]

3.4 Fáze badatelsky orientovaného vzdělávání

Za předpokladu, že nebudeme rozlišovat míru ovlivňování učitelem a pomineme různé úrovně aktivit, by měla badatelsky orientovaná výuka obecně respektovat následujících fáze:

- aktivace zvědavosti žáků a studentů a zvýšení jejich zájmu o vědecké problémy,
 - posun tohoto stavu zvědavosti k vzdělávacímu projektu: vyzývat žáky a studenty k formulaci toho, o čem vybraný problém je, jejich vlastními slovy,
 - od definice problému dojít k naplánování badatelsky orientovaného projektu; součástí je i definování kroků, které povedou k realizaci projektu,
 - realizace naplánovaných projektových aktivit; toto se obvykle děje různými způsoby (testy, experimenty) dle volby učitele,
 - konfrontace výsledků s realitou; komparace konkrétních výsledků či výstupů s očekávanými výsledky; individuální nebo kolektivní validace výsledků je součástí této fáze,
 - zpracování závěrů, jež byly projektem dosaženy; je možné poukázat na propojení těchto závěrů s jinými vědeckými problémy,
 - propojení vědy s etikou, technologiemi, rozhodováním a volbou řešení.
- [20]

3.5 Přínosy a obtíže zavádění badatelsky orientovaného vzdělávání

Výhody a nevýhody BOV popsala podrobně řada, převážně zahraničních, autorů. Stuchlíková ve svém článku [14] uvádí stručné shrnutí jejich poznatků:

Přínosy BOV:

- vytváření obecné schopnosti hledat a objevovat,
- speciální schopnosti a dovednosti potřebné pro zkoumání,

- zlepšené porozumění vědeckým pojmům,
- objevování vědeckých principů,
- zvýšení citlivosti na nedostatky ve vlastních znalostech a jejich doplňování cestou systematického zkoumání, upřesňování a využívání dosavadních znalostí.

Obtíže při zavádění BOV:

- motivace studentů,
- dovednosti studentů potřebné pro zkoumání,
- zázemí studentských dosavadních znalostí,
- omezení možné realizace – čas, zdroje, učební plány atd. [14]

Učitel sice může se žáky postupovat podle předem připravených scénářů, ale je zřejmé, že BOV v sobě skrývá riziko, že nepovede k cíli, neboť výsledky získané jeho prostřednictvím nebudou v souladu s vědeckými poznatky a odchýlí se od standardní metodologie vědy. Přesto bude pro rozvoj žáka cenné, neboť v jeho průběhu bude žák rozvíjet svoje kompetence v oblastech plánování, modelování, komunikace, experimentování apod. [21]

Nezvalová ve své práci [10] shrnuje výhody BOV v následujícím odstavci: *„Žáci, kteří aktivně pozorují, provádějí analýzu a syntézu informací, vyhledávají a shromažďují data a tvoří závěry, rozvíjejí kompetence řešit problémy. Tyto kompetence jsou nezbytné v jejich budoucím profesním životě. Žáci prostřednictvím badatelsky orientované výuky rozvíjejí své myšlenkové činnosti, zejména pak ty, které vedou k tvořivému myšlení. Žáci mají více příležitostí a svobody ve svém učení a vytvářejí si základní dovednosti. Tento přístup je více flexibilní a je dobře využitelný zejména pro řešení žákovských projektů, žákovského bádání v laboratoři i na internetu. Badatelsky orientovaný přístup je velmi vhodný zejména pro řešení interdisciplinárních projektů s využitím mezipředmětových vztahů. Vhodnou organizační formou je týmová práce, podporující kooperativní učení. Badatelsky orientovaný přístup je možný volit ve výuce žáků všech věkových kategorií. Využívá a oceňuje dosavadní žákovy zkušenosti a vědomosti, které vnáší do procesu učení.“* [10]

4. Praktická část

Diplomová práce si klade v praktické části za cíl vytvořit koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou pro vybrané téma ze středoškolské fyziky. Jako téma praktického konceptu byla zvolena problematika matematického kyvadla. K praktickému cvičení byly vypracovány pracovní listy pro žáky, použitelné přímo v hodině, a metodický list pro učitele, který slouží jako návod, jak laboratorní úlohu realizovat v praxi. Realizovatelnost konceptu byla ověřena v praxi a byla vyhodnocena jeho účinnost.

4.1 Kroky badatelského postupu

Při tradiční laboratorní práci spočívá činnost žáků většinou v ověření informací, které byly probírány ve třídě s učitelem, nebo si je žáci nastudovali z učebnice. V laboratořích s využitím prvků BOV je činnost žáků zaměřena na shromažďování, zpracování a analyzování údajů s cílem objevit nové pojmy, zásady nebo zákony velmi podobným způsobem, jako to provádí skuteční vědci při svých výzkumech. Avšak jednotlivé kroky tohoto postupu se od kroků skutečných výzkumných pracovníků přece jen odlišují.

Kroky badatelského postupu ve vyučování nejsou v literatuře jednoznačně vymezeny. Různí autoři rozdělují badatelský cyklus do různého počtu jednotlivých kroků. Obsahově se ale většina kroků shoduje a překrývá. V česky psaných materiálech byl badatelský cyklus popsán např. Sdružením Tereza. Dle průvodce pro učitele Sdružení Tereza „*Badatelský cyklus lze rozdělit do 4 kroků:*

- 1. krok – motivace, přemýšlení o tématu, kladení otázek, výběr výzkumné otázky*
- 2. krok – formulace hypotézy*
- 3. krok – plánování a příprava pokusu, provedení pokusu*
- 4. krok – formulace závěrů, návrat k hypotéze, hledání souvislostí, prezentace, kladení nových otázek“ [22]*

Zpracované kroky badatelského postupu lze najít hlavně v zahraničních materiálech, převážně v USA.⁵ Knihovna amerického kongresu nabízí mimo jiné i metodické materiály pro učitele. Jako kroky BOV je zde možno nalézt:

1. *krok - Connect (propojení):*

zjišťování informací k problému, studování zdrojů,

2. *krok - Wonder (přemýšlení nad problémem):*

kladení otázek, dělání předpovědí, formulace hypotézy,

3. *krok - Investigate (vyšetření):*

plánování experimentu, testování hypotézy = provedení experimentu a sběr dat,

4. *krok Construct (sestrojení závěrů):*

vyhodnocení výsledků experimentu, vyvození závěrů,

5. *krok Express (vyjádření):*

prezentace výsledků,

6. *krok Reflect (zpětná vazba):*

poopravení hypotézy, nový badatelský problém. [23]

Posledním krokem badatelský cyklus nekončí, pouze je jím proces bádání zacyklen. Může totiž nastat potřeba prohloubení tématu, nalezení nového problému, formulaci přesnější výzkumné otázky atd. Badatelský proces potom začíná znovu s novou či upravenou hypotézou.

⁵ Další zdroj např. [24]

4.1.2 Badatelský cyklus použitý v diplomové práci

Při tvoření badatelských úloh uvedených v této práci byl na základě prostudování několika zdrojů předem stanoven badatelský cyklus o šesti krocích:

1. krok - **Motivace**
2. krok - **Stanovení hypotézy**
3. krok - **Plánování experimentu**
4. krok - **Měření (sběr dat)**
5. krok - **Vyhodnocení měření**
6. krok - **Ověření hypotézy (prezentace výsledků)**

Jednotlivé kroky budou popsány a rozebrány na ukázkové úloze „Matematické kyvadlo badatelsky“.

Učitel, který se rozhodne se svojí třídou pracovat dle zásad BOV, musí žáky postupně navyknout na styl práce, rozvíjet jejich schopnosti přiměřeně jejich věku, znalostem a dovednostem. Nesmí pospíchat, aby žáky přílišnou náročností hned z počátku neodradil. V kapitole 3.3 jsou uvedeny čtyři úrovně badatelsky orientovaného přírodovědného vzdělávání. Ve všech těchto úrovních by se měl odrážet badatelský cyklus. Úrovně se však od sebe liší různou úrovní pomoci ze strany učitele. Aby se žáci mohli věnovat vyšším úrovním BOV, musí mít nejprve zkušenosti z nižších úrovní. Proto není možné se žáky, kteří nemají žádnou předchozí zkušenost s badatelsky orientovanou výukou, zkoušet třetí či čtvrtou úroveň badatelsky orientovaného vyučování.

5. Matematické kyvadlo badatelsky

Jako téma konceptu praktického cvičení byla vybrána problematika zákonitostí matematického kyvadla. Praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ bylo vytvořeno pro studenty druhého ročníku gymnázia či střední průmyslové školy. Problematika matematického kyvadla je potřebná pro pochopení zákonitostí mechanického kmitání a vlnění. Hlavním výukovým cílem praktického cvičení je osvojení si vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla. Studenti ovšem při osvojení tohoto vztahu nebudou používat memorování poznatků, ale pokusí se sami přijít, na jakých veličinách doba periody matematického kyvadla závisí. Oproti memorování by si měli osvojit tento poznatek tak, že si ho budou nejen pamatovat, ale zároveň mu i porozumí. Podobně, jak se praví jeden starý citát: „Co slyším, to zapomenu. Co vidím, si pamatuji. Co si vyzkouším, tomu rozumím“.

5.1 Obecná charakteristika

Název praktického cvičení: *Matematické kyvadlo badatelsky*

Věková kategorie žáků: 16 až 17 let

Časová dotace: dvě vyučovací hodiny včetně přestávky

Místo realizace: Kmenová třída, učebna fyziky

Forma výuky: Laboratorní cvičení s prvky badatelsky orientovaného vyučování, skupinová výuka

Úroveň BOV: Strukturované bádání

5.2 Rozvoj klíčových kompetencí studentů dle RVP G

Praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ rozvíjí následující klíčové kompetence:

Kompetence k učení -Žák:

- své učení a pracovní činnost si sám plánuje a organizuje, využívá je jako prostředku pro seberealizaci a osobní rozvoj;

- kriticky hodnotí pokrok při dosahování cílů svého učení a práce, přijímá ocenění, radu i kritiku ze strany druhých, z vlastních úspěchů i chyb čerpá poučení pro další práci.

Kompetence k řešení problémů – Žák:

- rozpozná problém, objasní jeho podstatu, rozčlení ho na části;
- vytváří hypotézy, navrhuje postupné kroky, zvažuje využití různých postupů při řešení problému nebo ověřování hypotézy;
- uplatňuje při řešení problémů vhodné metody a dříve získané vědomosti a dovednosti, kromě analytického a kritického myšlení využívá i myšlení tvořivé s použitím představivosti a intuice;
- kriticky interpretuje získané poznatky a zjištění a ověřuje je, pro své tvrzení nachází argumenty a důkazy, formuluje a obhájí podložené závěry;
- je otevřený k využití různých postupů při řešení problémů, nahlíží problém z různých stran;
- zvažuje možné klady a zápory jednotlivých variant řešení, včetně posouzení jejich rizik a důsledků.

Kompetence komunikativní – Žák:

- s ohledem na situaci a účastníky komunikace efektivně využívá dostupné prostředky komunikace, verbální i neverbální, včetně symbolických a grafických vyjádření informací různého typu;
- používá s porozuměním odborný jazyk a symbolická a grafická vyjádření informací různého typu;
- prezentuje vhodným způsobem svou práci i sám sebe před známým i neznámým publikem;
- rozumí sdělením různého typu v různých komunikačních situacích, správně interpretuje přijímaná sdělení a věcně argumentuje; v nejasných nebo sporných komunikačních situacích pomáhá dosáhnout porozumění.

Kompetence sociální a personální – Žák:

- přizpůsobuje se měnícím se životním a pracovním podmínkám a podle svých schopností a možností je aktivně a tvořivě ovlivňuje;
- aktivně spolupracuje při stanovování a dosahování společných cílů;
- rozhoduje se na základě vlastního úsudku, odolává společenským i mediálním tlakům.

Kompetence občanská – Žák:

- respektuje různorodost hodnot, názorů, postojů a schopností ostatních lidí;

Kompetence k podnikavosti – Žák:

- uplatňuje proaktivní přístup, vlastní iniciativu a tvořivost, vítá a podporuje inovace;
- usiluje o dosažení stanovených cílů, průběžně reviduje a kriticky hodnotí dosažené výsledky, koriguje další činnost s ohledem na stanovený cíl; dokončuje zahájené aktivity, motivuje se k dosahování úspěchu;

Výčet klíčových kompetencí je uveden v pořadí, ve kterém jej uvádí RVP G. (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia) [25]

5.3 Naplňování cílů Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia

Praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ lze využít k naplňování cílů v těchto oblastech:

Jazyk a jazyková komunikace

Matematika a její aplikace

Člověk a příroda

Člověk a svět práce

Výčet oblastí je uveden v pořadí, ve kterém jej uvádí RVP G. (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia) [25]

5.4 Seznam pomůcek

Před samotnou praktickou výukou je nutné zajistit si následující pomůcky:

Pomůcky pro učitele:

Metodický list, PET láhev s vodou, víčko PET láhve s otvorem, prádelní šňůra, laboratorní svorka dvojitá křížová, laboratorní držák, truhlářská svorka, závěs ve výšce cca 2,5m a výše (u stropu, na tabuli či v rámu dveří)

Pomůcky pro žáky (pro 8 pracovních skupin):

Laboratorní stojan (8x), tyčky železné cca 20 cm (8x), laboratorní svorka dvojitá křížová (8x), svinovací metr (8x), klubko nití, kolíčky (20x), silné magnety (20x), izolepa, různá závaží s háčky či železné matky (16x), pracovní listy, digitální váhy, stopky (8x), pravítko

5.5 Jednotlivé součásti hodiny

Tab. 5: Části praktického cvičení

	náplň práce	čas	potřebné vybavení a pomůcky	činnost učitele	činnosti žáků
Úvod do tématu -motivace	Motivační pokus „Zkouška odvahy“	10 - 15 min	PET láhev s vodou, prádelní šňůra, závěs ve výšce několik metrů (např. u stropu).	Učitel předvede žákům motivační pokus a dohlíží nad žáky při jeho opětovném provedení.	Aktivně se účastní motivačního pokusu.
Předlaboratorní příprava	Vymezení hlavních pojmů formou řízené diskuse, čtení motivačního textu v pracovních listech. Stanovení hypotézy	10 min	Úvodní text v pracovních listech	Na základě poznatků z motivačního pokusu formou řízené diskuse s žáky definuje základní pojmy týkající se laboratorní úlohy. (kyvadlo, matematické kyvadlo, doba kyvu, doba kmitu (perioda), délka závěsu). Rozdává PL s úvodním textem.	Čtení úvodního textu v pracovních listech. Účastní se diskuse s učitelem, odpovídají na jeho otázky. Vymezují základní pojmy. Stanovují hypotézu
Praktická (badatelská) činnost	Plánování experimentu, sestavení matematického kyvadla, naměření potřebných hodnot.	40 - 45 min	laboratorní stojany, rezná nit, sada závaží s háčky, kolíčky, magnety, izolepa, svinovací metr, stopky, digitální váhy, pracovní listy	Dohlíží na žáky, odpovídá na jejich dotazy, je nápomocný při badatelské činnosti žáků a usměrňuje jejich myšlenky správným směrem.	Plánují konstrukci matematického kyvadla, sestavují matematické kyvadlo a měří veličiny potřebné k zjištění závislosti periody matematického kyvadla a zapisují je do tabulky
Vyhodnocení výsledků	Zpracování výsledků, sestavení grafu, odvození vztahu pro periodu matematického kyvadla	20 - 25 min	Milimetrový papír, pravítko, tužka	Pomáhá žákům při zpracování hodnot a jejich vynesení do grafu. Kontroluje postup při odvozování vztahu pro periodu matematického kyvadla	Vyhodnocují graficky závislosti jednotlivých veličin a odvozují vztahy pro periodu matematického kyvadla
Prezentace výsledků	Porovnání objevených vztahů	10 min	Pracovní listy, počítač, případně projektor	Technický dozor při prezentování výsledků žáků. Z časových důvodů možno zařadit do běžné hodiny.	Žáci si vzájemně prezentují výsledky a závislosti, které objevili a formulují vztahy mezi veličinami. Diskutují nad správností řešení ostatních skupin

Jednotlivé kroky praktického cvičení budou podrobně popsány v souvislostech na krocích badatelského postupu použitého při tvorbě praktického cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ (dále označováno jako MKB). Metodický list pro učitele a pracovní list pro žáky jsou v přílohách A. a B.

5.5.1 Motivace

Vnitřní motivace je důležitým hnacím motorem při objevování. Člověk má přirozený pud zvědavosti. Ten bohužel nebývá mnohdy zaměřen správným směrem. Motivace snažit se něčemu porozumět je klíčová a nezáleží na tom, jakou dovednost či poznatek si chceme osvojit. Negativní hodnocení a postihy nezvyšují naše úsilí a touhu naučit se něčemu, ale spíše prohlubují strach z neúspěchu a to vede k pasivitě. Studenty je nutno pozitivně motivovat a získat jejich zájem pro danou problematiku. V praktickém cvičení MKB k těmto účelům slouží motivační text, který je součástí pracovního listu pro žáky:

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, na čem doba kyvu lampy závisí. Své předpoklady později experimentálně ověřil a dal tak podklady pro další vědeckou práci, která vedla k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Zákonitosti pohybu kyvadla pomohly sestavit hodiny, které umožnily měřit čas mnohem přesněji než u předchozích modelů hodin. Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla? [26]

K motivaci slouží rovněž motivační pokus, který učitel provede na začátku samotného laboratorního cvičení. K provedení motivačního pokusu použije učitel dobrovolníka z řad studentů. Při velkém zájmu studentů je možné vzít dobrovolníků i více. Učitel musí dávat pozor, aby výrazně nepřekročil časovou dotaci vyhrazenou pro motivaci žáků. Mírné překročení časové dotace není na škodu, jelikož motivace je jednou z nejdůležitějších fází v badatelsky orientované výuce.

Provedení motivačního pokusu:

Pomůcky: PET láhev s vodou, prádelní šňůra, závěs ve výšce několik metrů (např. u stropu)

Do víčka velké PET láhve uděláme otvor o průměru prádelní šňůry. Prostrčíme prádelní šňůru otvorem a uděláme z vnitřní strany víčka uzel. Druhý konec šňůry upevníme minimálně tři metry nad zemí. PET lahev naplníme vodou a našroubujeme na ní víčko. Vychýlíme láhev z rovnovážné polohy o úhel přibližně 10° . Dobrovolník (student) se postaví tak, aby se vychýlená láhev lehce dotýkala jeho nosu. Učitel láhev pustí a žák musí zůstat stát bez hnutí na místě a pozorovat, jak se mu po chvilce řítí láhev plná vody proti obličeji. Kolize s obličejem je však při správném provedení pokusu zcela vyloučena. Láhev nedostává při pohybu žádnou energii, pouze přeměňuje svojí potenciální pohybovou energii v kinetickou a naopak. Během kyvu navíc dochází k přeměně energie na teplo v důsledku odporu prostředí a tření závěsu. Výchozí polohy (nosu) láhev nedosáhne.

Po provedení motivačního pokusu učitel žákům na sestaveném kyvadle vysvětlí základní pojmy a poznatky, které je potřeba znát k vypracování praktického cvičení MKB. Mezi tyto pojmy patří rovnovážná poloha, krajní výchylka, kmit a doba jednoho kmitu. Učitel žákům vysvětlí, odkud kam se měří délka závěsu kyvadla a že výchylka kyvadla musí být v rozmezí 5° až 10° .

V rámci časové úspory a většího zapojení studentů do problematiky je možné zadat nalezení těchto informací studentům v běžné vyučovací hodině jako samostatnou práci či jako domácí úkol. Pak je ale potřeba počítat s rizikem, že studenti mohou během zjišťování potřebných informací narazit na vztah pro výpočet periody matematického kyvadla a potom by byl ovlivněný proces stanovení hypotézy.

Než studenti přistoupí k další fázi praktického cvičení, jsou rozděleni do pracovních skupin (nejlépe po dvou) a dostanou pracovní listy. Do připravených kolonek v pracovních listech definují vlastními slovy pojmy, se kterými se seznámili během motivačního pokusu či samostatně doma či ve škole.

5.5.2 Stanovení hypotézy

Ke stanovení a formulaci hypotézy, kterou budou studenti svým bádáním ověřovat, je zapotřebí umět si stanovit výzkumnou otázku. (Např. „Na jakých veličinách je perioda matematického kyvadla závislá?“)

Dovednost položit si vhodnou výzkumnou otázku a na jejím základě si stanovovat hypotézy pro svoje další bádání, mají z pravidla žáci, kteří již absolvovali výuku s badatelskými prvky a mají již nějaké zkušenosti. Vlastní stanovení výzkumných otázek bez pomoci učitele je prvkem nejvyšší úrovně BOV otevřeného bádání. Praktické cvičení MKB bylo vytvořeno pro studenty, kteří nemají s BOV žádné nebo velmi malé zkušenosti a úroveň ovlivnění bádání ze strany učitele odpovídá strukturovanému bádání (podle rozdělení v tab. 4 v podkapitole 3.3).

Z toho důvodu je v MKB výzkumná otázka, která žáky podněcuje k stanovení hypotézy, položena v pracovním listu pro žáky. Výzkumná otázka je označena jako „předpověď“ a je formulována následovně:

„Jaké fyzikální veličiny jsou spojeny s matematickým kyvadlem a které z nich mohu já sám ovlivnit? Diskutuje mezi sebou ve skupině, případně s učitelem.“

Učitel může se studenty o problému diskutovat, ale v žádném případě jim nesmí prozradit znění správné hypotézy. I chybná hypotéza je pro žáky přínosná, neboť bude na základě experimentu vyvrácena. Proces bádání tak může začít znovu, s novou hypotézou.

5.5.3 Plánování experimentu

Poté, co studenti formulují svojí hypotézu, kterou budou ověřovat, nastal čas pro naplánování experimentu a sestavení měřící aparatury. Z motivačního pokusu studenti znají parametry, které se mohou na matematickém kyvadle měnit. Jde o výchylku, hmotnost závaží a délku závěsu. Učitel žákům vysvětlil, v jakých mezích se má pohybovat výchylka matematického kyvadla. Studenti by měli sestavit matematické kyvadlo tak, aby se daly tyto dvě veličiny měnit.

Učitel rozmístí veškeré pomůcky a materiál potřebný ke stavbě matematického kyvadla na lavice v první řadě či na jiný vhodný, volně přístupný prostor. V této části praktického cvičení mají studenti největší volnost a prostor tvořit své vlastní rozmanité a nápadité konstrukce matematického kyvadla.

Učitel studenty informuje o dvoj-závěsu a jeho výhodách, ale je už na studentech, jaký typ závěsu zvolí. V pracovním listu mají žáci několik poznámek, které jim mohou pomoci při volení parametrů matematického kyvadla. Během toho, co studenti konstruují matematické kyvadlo, učitel prochází po třídě, kontroluje činnost žáků a radí s konstrukcí. Svou výslednou konstrukci studenti načrtnou do pracovního listu.

5.5.4 Měření (sběr dat)

Po úspěšném sestavení vlastního matematického kyvadla začínají studenti měřit dobu kmitu matematického kyvadla v závislosti na délce a v závislosti na hmotnosti. K zaznamenání naměřených dat mohou využít tabulku v pracovním listu. Tabulka je pouze doporučená a studenti si samozřejmě mohou vytvořit svou vlastní tabulku. Hmotnost závaží studenti určují vážením na digitálních vahách (pokud nemají cejkovaná laboratorní závaží). Délku závěsu měří svinovacím metrem. Jak změřit délku závěsu jim bylo vysvětleno během motivačního pokusu. Postup měření periody matematického kyvadla je studentům doporučen v pracovním listu. Postup, který studenti uplatní je však zcela na jejich rozhodnutí.

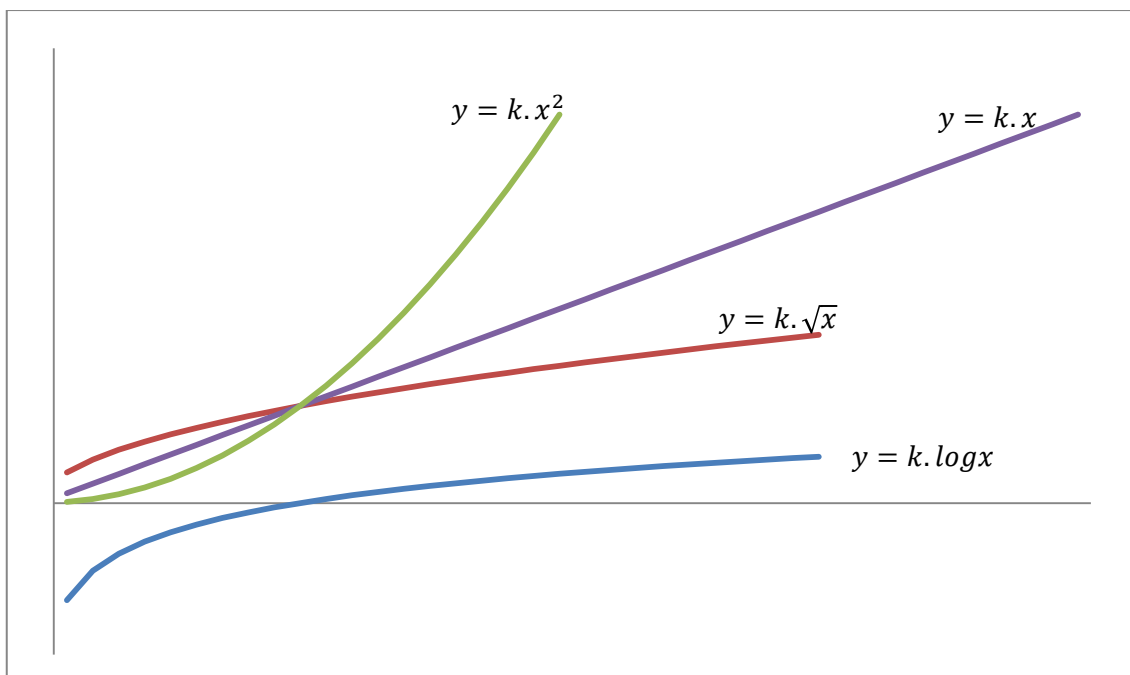
Z naměřených hodnot by měli studenti usoudit, že při neměnné délce závěsu matematického kyvadla, ale jiné hmotnosti závaží se perioda nezmění a měli by tak hmotnost, jako parametr ovlivňující dobu kmitu kyvadla, zamítnout. Učitel jim tento fakt neprozrazuje.

5.5.5 Vyhodnocení měření

Naměřené hodnoty musí studenti vyhodnotit. S postupem vyhodnocování výsledků je studentům učitel nápomocen a mají i patřičná vodítka v pracovních listech.

Jako první krok studenti sestaví graf na přiložený milimetrový papír, do kterého vynesou své naměřené hodnoty a zobrazí tak závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti (pokud při měření dat nevyloučili parametr hmotnost). Učitel kontroluje úhlednost grafů a správné měřítko. V případě potřeby navádí studenty k tomu, aby si uvědomili, které veličiny budou na osy vynášet (na ose y bude perioda a na ose x délka závěsu). Učitel instruuje studenty, aby výslednou křivku/křivky zvýraznili.

Pokud studenti postupovali správně, křivka jejich grafu znázorňuje závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu. Na studentech je, aby určili, jaká je tato závislost. Studenti by teoreticky měli mít z matematiky dostatečné znalosti o mocninných funkcích k tomu, aby funkci, která popisuje jejich křivku, rozpoznali. V praktickém cvičení MKB se autor rozhodl žákům při určování správné funkce pomoci, protože cílem praktického cvičení je odhalit vztah pro periodu matematického kyvadla a hrozilo reálné nebezpečí, že by si studenti během praktického cvičení nedokázali vzpomenout na poznatky z matematiky. Proto mají v pracovních listech k dispozici obrázek několika funkcí, které mohou využít k porovnání se svou sestrojenou křivkou a vybrat správnou závislost.



Obr. 4: Graf z pracovního listu pro žáky

Studentům je v pracovním listu sděleno, že k je konstanta, která byla odvozena z teorie matematického kyvadla a je rovna $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$; kde g je tíhové zrychlení, jehož tabulková hodnota pro Liberec činí $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$. [27] [29]

Studenti dosadí do vztahu $T = kx$ za konstantu k , za x dosadí vhodnou závislost (odmocninu z l). Výsledný vztah upraví a dostanou vztah pro periodu matematického kyvadla. Učitel může vhodně napovídat jednotlivým skupinkám, kdyby si nevěděly rady s matematickým postupem úpravy vztahu.

Tímto postupem studenti objeví vztah pro výpočet periody matematického kyvadla:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

5.5.6 Ověření hypotézy (prezentace výsledků)

Ověření platnosti své hypotézy provedou studenti nejprve ve skupině se svým kolegou a zapíší závěr do pracovního listu. Poté, co skupina společně formuluje závěr, ve kterém potvrdí či vyvrátí svou původní hypotézu, prezentuje své výsledky zbytku třídy. Na konci pracovního cvičení MKB všechny skupiny prezentují své výsledky zbytku třídy. Společně pak diskutují správnost řešení celého problému a určí, na čem je závislá doba kmitu matematického kyvadla. Pokud praktická část badatelské laboratorní úlohy bude studentům trvat déle, než je naplánovaná časová dotace, je možné vzájemnou prezentaci výsledků a závěrečnou diskusi realizovat další vyučovací hodinu. Učitel v tomto případě funguje jako organizátor diskuse a zároveň hodnotí výsledky dosažené jednotlivými skupinami.

Učitel si musí uvědomovat, že nepotvrzení hypotézy experimentem neznamena nesprávně splněný úkol. Při badatelském postupu jde o potvrzení, či vyvrácení hypotézy, která byla stanovena v rané fázi praktického cvičení. Její správnost nemůže být hodnocena. Ohodnocený by měl být hlavně přístup k práci, postup práce dodržování badatelského postupu. Nepotvrzení hypotézy a její následná úprava či formulace nové hypotézy je součástí badatelského cyklu. Při nové formulaci či upravení hypotézy se cyklus začíná opakovat a studenti ověřují experimentálně správnost nové hypotézy.

V čase, který je vymezen pro praktické cvičení MKB by studenti pravděpodobně nestihli celý postup zopakovat.

Pro studenty, kteří by naopak zvládli celou úlohu v předstihu, je připravena v pracovním listu bonusová úloha:

„Vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení g z Vašeho objeveného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v Liberci $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.“

Učitel má samozřejmě možnost zadat úlohu za domácí úkol.

5.6 Ověření konceptu „Matematické kyvadlo badatelsky“ ve výuce

K ověření MKB v praxi proběhla pilotní hodina na Střední průmyslové škole strojní a elektrotechnické a Vyšší odborné škole v Liberci, příspěvkové organizaci sídlící v Masarykově ulici č. p. 3. Pilotní hodina proběhla po domluvě s panem učitelem Mgr. Jaromírem Osčádalem, který byl ochoten k pilotnímu praktickému cvičení propůjčit třídu L2. Samotná pilotní badatelská laboratorní práce proběhla ve čtvrtek 20. 6. 2013 pátou a šestou vyučovací hodinu od 11:50 do 13:30. Datum bylo zvoleno záměrně, aby už byla uzavřená klasifikace. Pilotování tak co nejméně zasáhlo panu Mgr. Osčádaloovi do jeho vyučovacího plánu. V následující podkapitole bude popsán průběh pilotního cvičení.

5.6.1 Charakteristika školy

SPŠSE a VOŠ byla postavena roku 1876 a byla třetí nejstarší školou v Rakousku, dnes na území České republiky je pak druhou nejstarší (po brněnské). První maturitní zkoušky probíhaly roku 1879. Roku 1996 vzniká první ročník vyšší odborné školy s oborem Počítačové systémy, roku 2003 je otevřen studijní obor Technické lyceum.

Na škole studoval i Ferdinand Porsche, známý světový konstruktér. Samotná hlavní budova je součástí rozsáhlého komplexu dílen, laboratoří a učeben. Učebny jsou rozmístěny na třech patrech. Ve škole je celkem 27 tříd, z toho 24 na SPŠSE a 3 na VOŠ. Škola má jednoho ředitele, dva zástupce ředitele a 62 učitelů, dále pak šest administrativních pracovníků, jednoho školníka, údržbáře a sedm uklízeček.

Škola poskytuje šest studijních oborů střední a vyšší odborné školy. Studium všech oborů střední školy je zakončeno maturitní zkouškou, studium školy vyšší odborné končí absolutoriem a získáním titulu diplomovaný specialista (DiS.) v oboru počítačové systémy.

Škola pořádá lyžařský a turistický kurz, dále exkurze (např. exkurze po malých vodních elektrárnách), výměnné pobyty aj. Dále se studenti SPŠSE podílejí na tvorbě školního časopisu. [28]

5.6.2 Charakteristika třídy

Pilotního vyučování se zúčastnili studenti druhého ročníku technického lycea, konkrétně třída s označením L2. Třída L2 byla vybrána záměrně, neboť téma praktického cvičení vedeného badatelským způsobem odpovídalo podle ŠVP právě druhému ročníku. Dalo se i teoreticky počítat s potřebnou znalostí matematického aparátu, potřebného k zvládnutí laboratorní úlohy. Třidu i pedagoga znal autor práce z povinné školní praxe. Třída L2 byla převážně chlapecká. Z hlediska studijních výsledků byla třída velmi různorodá. Přibližně rovnoměrně v ní byli zastoupeni studenti s výborným prospěchem a studenti téměř neprospívající.

5.6.3 Pilotní praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“

Dne 20. 6. 2013 probíhaly přípravy na pilotní praktické cvičení MKB. Většinu pomůcek se podařilo sehnat ve škole. Malé problémy činila příprava motivačního pokusu, neboť kmenová třída, kde pilotní hodina měla probíhat, nebyla vybavena závěsem u stropu. Za pomoci učitele se podařilo sestrojít závěs pro kyvadlo na horním rámu tabule.

Lavice ve třídě byly ve třech řadách po pěti lavicích v každé řadě. Toto rozmístění zůstalo zachováno, pouze první lavice z každé řady byla posunuta o cca půl metru dozadu, aby u tabule vznikl volný prostor na provedení motivačního pokusu. První lavice z každé řady byla využita jako prostor pro nachystání pomůcek, které budou studenti potřebovat během praktického cvičení. Dražší pomůcky (stopky a digitální váhy) byly umístěny na katedru, aby byly více pod dozorem pedagogického dozoru.

Kvůli blížícímu se závěru školního roku a uzavřené klasifikaci, probíhalo na škole i mimo ní velké množství doprovodných akcí. Standardní rozvrh hodin pro většinu tříd na škole byl narušen. Dle řádného rozvrhu měla mít laboratorní práce z fyziky pouze jedna polovina třídy L2. Bohužel ve čtvrtek 20. 6. 2013 odpadla druhé polovině třídy L2 tělesná výchova a byla proto spojena s první polovinou.

Praktické cvičení MKB je materiálně i personálně přizpůsobeno maximálně šestnácti studentům. Proto bylo spojení třídy nepříjemným faktem. Původně bylo naplánováno, že by pilotní badatelskou laboratorní práci vedl Mgr. Osčádal a autor práce by se věnoval pozorování a pořizování dokumentace. Učiteli se naštěstí podařilo sehnat volnou počítačovou učebnu a odvedl si druhou polovinu třídy na hodinu informatiky. Řešení problému zdrželo začátek pilotáže o deset minut. Pilotního praktického cvičení MKB se tak zúčastnilo dvanáct studentů třídy L2. Hodinu vedl autor práce, který bude dále v textu označován jako „lektor“.

Motivace

Na začátku hodiny byli studenti seznámeni s jejím průběhem a bylo jim vysvětleno, čeho se budou účastnit. Než byli studenti rozděleni do dvojic a byly jim rozděleny pracovní listy, byl proveden motivační pokus „zkouška odvahy“.

Nebylo jisté, jestli se lektorovi povede žáky pokusem dostatečně nadchnout a motivovat pro danou tematiku a bádání. Při dotazu na dobrovolníka k provedení pokusu, vytvořili studenti ze zvědavosti kolem tabule půlkruh a tři se přihlásili jako dobrovolníci. První dobrovolník byl trochu nervózní, protože vůbec nevěděl, co se s ním bude dít a čemu bude muset čelit. Třída byla napjatá a všichni netrpělivě očekávali, co se stane. Vzbuzení zájmu motivační pokusem se u studentů povedlo výborně. Fotoaparát byl zapůjčen jednomu studentovi a ten pořizoval fotografický záznam motivačního pokusu.



Obr. 5: Motivační pokus zkouška odvahy – počáteční poloha láhve (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)



Obr. 6: Závěr motivačního pokusu „zkoušky odvahy“ (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Pokus si chtěli zkusit skoro všichni studenti. Bohužel časová dotace na motivační pokus byla krátká. Pokus si proto vyzkoušeli pouze další dva dobrovolníci.



Obr. 7: Další dobrovolník během motivačního pokusu (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Opakování pokusu bylo vítané, jelikož studenti již věděli, co mají očekávat a byli více soustředění na diskusi ohledně jednotlivých termínů kolem matematického kyvadla. Lektor studentům vysvětlil, odkud kam se měří délka závěsu matematického kyvadla. Po provedení motivačního pokusu byli studenti rozděleni do pracovních skupin po dvou, rozdali si do dvojic pracovní listy a rozmístili se po provizorních stanovištích. Studenti byli informováni, že než začnou s praktickou částí, měli by si projít ještě motivační text a vyplnit úvodní stránku v pracovním listu.

Před-laboratorní příprava

V 12:15 skončila část výuky, ve které dominovala aktivita lektora a od této chvíle začala samostatné práce studentů. Časová dotace vyhrazené pro motivační část praktického cvičení nebyla překročena. Druhá část hodiny – před-laboratorní příprava

se rovnoměrně rozdělila na motivační část, kde lektor formou diskuse se studenty objasnil základní poznatky, které museli studenti znát k úspěšnému absolvování laboratorní úlohy a na praktické činnosti, protože někteří studenti stanovovali hypotézu až poté, co začali konstruovat matematické kyvadlo.



Obr. 8: Výběr vhodných pomůcek pro konstrukci matematického kyvadla (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Postup pracovních skupin se začal odlišovat. Některé skupiny nejdříve začaly shánět materiál na konstrukci matematického kyvadla, jiné se nejprve věnovaly vyplnění úvodní stránky pracovního listu a formulaci hypotézy. Úvodní stránku pracovního listu vyplnili studenti rozdílně. Některým se úspěšně podařilo vlastními slovy definovat obecné kyvadlo a dobu periody matematického kyvadla. Jedna skupina v nestřežené chvíli použil mobilní telefon a potřebnou teorii našla na webu. Bohužel ale použila špatné definice.

Definici matematického kyvadla měli studenti napsanou v pracovním listu. Tato definice měla pomoci při konstrukci kyvadla a i při vyloučení některých faktorů, které by mohli ovlivnit periodu kyvadla a studenti by je mohli uvádět ve svých hypotézách. Přestože je v definici matematického kyvadla zanedbán odpor prostředí, jedna skupina

jej do své hypotézy zahrnula. Skupina, které opsala z webu definici doby matematického kyvadla jako: „*je přímo úměrná druhé odmocnině z délky závěsu*“ stanovila hypotézu následovně: „*Závisí na délce závěsu a tíhovém zrychlení a hmotnosti.*“ Na tom je patrné, že studenti nepřemýšleli nad tím, co opisují z internetu. Dokonce, i když našli správnou hypotézu, nedokázali její znění správně uplatnit při formulaci hypotézy a do své hypotézy zanesli i faktory, které na dobu periody nemají vliv.

Všechny skupiny formulovaly hypotézu velice stručně. Buď jednoduchou větou anebo pouze výčtem veličin, které podle nich mají vliv na periodu matematického kyvadla. Tím naplnily smysl hypotézy, avšak v písemném projevu poukázaly na své nedostatky. Všechny skupiny bez výjimky považovaly za faktory ovlivňující periodu matematického kyvadla délku závěsu a hmotnost závaží. Dvě skupiny pak ještě přisuzovaly navíc vliv tíhovému zrychlení a jedna odporu prostředí.



Obr. 9: Studenti na začátku práce - formulace hypotézy a sestavování matematického kyvadla (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

V 12:25 měly všechny pracovní skupiny zformulovanou hypotézu, kterou zapsaly do pracovních listů a začaly se naplno věnovat plánování experimentu a konstruování aparatury pro měření dat. Časový harmonogram praktického cvičení MKB byl zatím naplňován podle původního předpokladu.

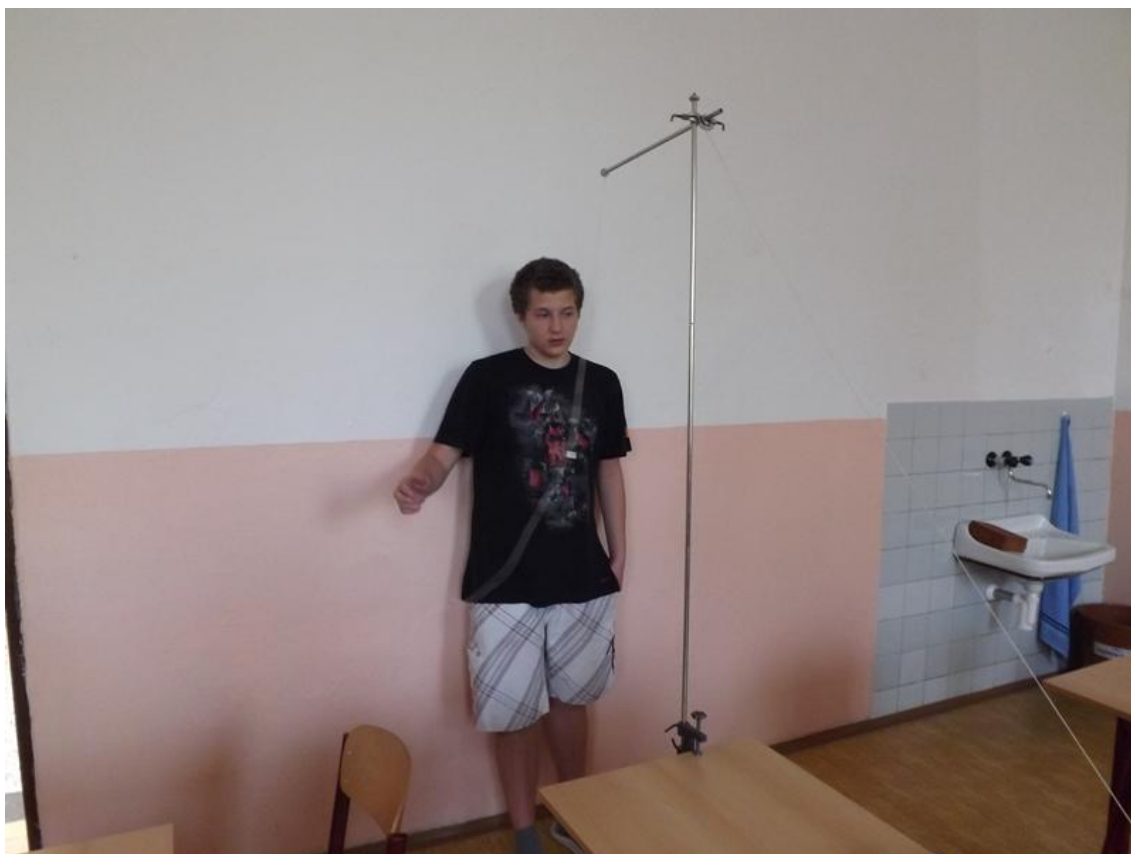
Praktická (badatelská) činnost

Příprava experimentu

S konstrukcí kyvadel začali někteří studenti již během formulování hypotézy. Poslední skupina začala s praktickou činností v 12:25. Dle očekávání zaujala praktická část laboratorní práce studenty největší měrou. Vlastní stavbu matematického kyvadla si užívali s nadšením. Studenti dokonce neoficiálně vyhlásili soutěž o nejvyšší a nejkrásnější kyvadlo.

Studenti byli seznámeni s dvoj-závěsem, ale žádná skupina tohoto typu závěsu nevyužila. Všechny skupiny použily jednoduchý závěs. Do pracovního listu měli studenti zakreslit schéma jejich kyvadla a popsat, jak si zhruba naplánovali průběh experimentu. Tento úkol dvě skupiny nesplnily vůbec, dvě nakreslily velice obecný obrázek a dvě skupiny (skupina č. 4 a č. 5) nakreslily schéma i stručně popsaly, jak budou při měření pokračovat. Zamyšlení se nad průběhem experimentu se jim později vyplatilo.

Studentům zabrala stavba matematického kyvadla, vyzkoušení jeho správné funkce a cvičné změření doby jedné periody jejich vlastního matematického kyvadla asi patnáct minut. Většina studentů měřila dobu jedné periody přímo (studenti změřili pouze dobu jednoho kmitu). To i přes fakt, že v poznámce v pracovním listu měli v poznámce stručně popsán postup, jak periodu matematického kyvadla určit přesněji a to sice změřením doby deseti kmitů a následným vydělením počtem kmitů. Lektor připomenul studentům tuto skutečnost a několika skupinám byla vysvětlena individuálně. Studentům bylo rovněž vysvětleno, že musí první průchod kyvadla rovnovážnou polohou započítat jako „*ted*“ aby se nestalo, že místo dob deseti kmitů změří dobu pouze devíti. To zpozdilo laboratorní práci asi o pět minut.



Obr. 10. Největší a nejnestabilnější matematické kyvadlo (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Vlastní měření

Se zvoněním na poslední přestávku měly pracovní skupiny hotová kyvadla a byly připraveny provést vlastní měření potřebných dat. Studenti souhlasili s tím, že bude z časových důvodů vynechána přestávka a pokud vše stihnou dříve, budou moci odejít na oběd. V 12:45 začaly pracovní skupiny měřit potřebná data. Hmotnost svých závaží měřili studenti na digitálních vahách, délku závěsu měřili posuvným metrem. Při určování jednotlivých parametrů matematického kyvadla (Jakou zvolíme první délku? Jak těžké bude naše závaží?) se projevila výhoda skupiny č. 4, která si průběh experimentu pečlivě předem naplánovala. Ostatní skupiny zvolily první veličiny náhodně a obdobně postupovaly při opakování měření. U většiny skupin byla potřeba pomoc lektora. Skupina číslo 5 měřila s konstantní délkou závěsu a měnila pouze hmotnost závaží. Její členové spíše působili, jako když zkoušejí, kolik jejich kyvadlo unese závaží. Po deseti měřeních byla jejich činnost usměrněna lektorem, aby studenti zvládli naměřit data potřebná k sestrojení grafu závislosti. Skupina č. 5 byla celou dobu podezřelá s opisováním. Jde o tu samou skupinu, které teorii opsala z webu.



Obr. 11: Měření hmotnosti závaží na digitálních laboratorních vahách (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Obdobně postupovala i skupina číslo 4. Její členové po pěti měřeních zaznamenali neměnnost doby periody při konstantní délce závěsu a proměnné hmotnosti. Dále pokračovali pouze s jednou konstantní hmotností a postupně zkracovali délku. Na tento postup přišli zcela sami a naprosto správně. Je evidentní, že během měření hodnot nad svými výsledky přemýšleli a správně odhalovali průběh jejich činnosti.

Zbylé skupiny č. 1, 2, 3 a 6 postupovaly tak, že každou délku závěsu matematického kyvadla proměřily s několika hmotnostmi. Tento postup určitě nebyl špatný a jejich výsledky, pokud měřili správně, je při zpracování mohou dovést ke správnému řešení. Většina skupin opakovala měření se stejnými parametry pouze jednou anebo vůbec. To mělo za důsledek menší přesnost naměřené doby jednoho kmitu, jejíž hodnoty se lišily i v desetinách sekundy při měření se stejnou délkou závěsu a různou hmotností. Studenti považovali tyto hodnoty za různé a nepoznali hned, že hmotnost nemá na periodu matematického kyvadla žádný vliv.



Obr. 12: Pracovní skupina při badatelské práci (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)



Obr. 13: Všechny skupiny během měření potřebných dat (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Tyto skutečnosti ukazují, že většina studentů během sběru potřebných dat o jejich hodnotě vůbec nepřemýšlí, pouze bezmyšlenkovitě zapisuje výsledky. Všechny skupiny použily připravenou tabulku v pracovním listu. Nikdo nevytvořil svou vlastní. Za dvacet minut měli studenti naměřené potřebné hodnoty a v 13:05 začaly skupiny zpracovávat a vyhodnocovat naměřená data. Časová dotace se stále dařila naplňovat. Většinou se naplňoval maximální čas vymezený pro jednotlivé činnosti.

Vyhodnocení výsledků

Vyhodnocení naměřených dat probíhalo grafickou formou. Součástí pracovního listu je milimetrový papír, který studenti využili k sestrojení grafu závislosti periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti. Jaké závislosti mají do grafu studenti znázornit, napovídá studentům poznámka v pracovním listu. Studentům byla závislost zdůrazněna lektorem, aby nedošlo k tomu, že studenti zamění osy a dostanou tak inverzní graf. Přes tato opatření třetina skupin zaměnila osy na svém grafu a dostali tak špatnou křivku. Přestože by studenti teoreticky měli mít se sestrováním grafů zkušenosti, jejich výsledné grafy ve většině případů neodpovídaly úrovni druhého stupně střední školy. Nejlepší graf měla skupina číslo 4. Jejich graf měl správně popsání osy, byl nakreslen tužkou a měl dostatečný počet bodů k proložení křivky. Ostatní skupiny, které na grafu správně vyznačily osy, měli malý počet bodů a jimi proložené křivky byly velmi nepřesné.

V MKB však není hlavním cílem přesnost grafu. S nepřesnostmi je počítáno, neboť když žáci jednou udělají špatně graf a špatně odhadnou závislost, v příští či přespříští laboratorní práci se ze své chyby poučí a naměří dostatečné množství dat, aby jim šel graf lépe sestavit a dosáhli lepšího výsledku. V badatelsky orientovaném vyučování je osvojování si takových dovedností jedním z cílových bodů. V běžné laboratorní práci mají přibližný počet a rozsah naměřených hodnot stanovený učitelem. Zde je vidět rozdíl mezi BOV a klasickou laboratorní úlohou. V BOV učitel pouze hlídá, aby hodnoty nepřekročily bezpečnou mez (např. při práci s elektrickým zdrojem) a nehrozilo tak ohrožení zdraví studentů či materiální škody na školním vybavení.

Jak již bylo popsáno v podkapitole 5.5.5., studenti porovnávali křivku svého grafu s křivkami znázorněnými na obrázku v pracovním listu a hledali, které křivka z obrázku se nejvíce podobá jejich grafu. Tento způsob byl zvolen kvůli předpokladu nepřesné tvorby grafu či nedostačujícího množství naměřených bodů. Tento předpoklad se v praxi potvrdil a pět skupin nemělo jednoznačnou shodu křivky svého grafu a s křivkou z obrázku. Skupiny, které otočily osy svého grafu, nalézaly shodu s křivkou x^2 . Skupiny s malým počtem naměřených bodů tipovaly shodu s přímkou, či s grafem odmocniny. Tvorba grafů studentům trvala deset minut.



Obr. 14: Tvorba grafu závislosti periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu (Desenský 20. 6. 2013, Liberec)

Studentům byla individuálně naznačena správná závislost. Stalo se tak z několika důvodů.

- odvození správného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla (v opačném případě hrozilo osvojení si nesprávného poznatku)
- šance zažít pocit úspěchu je dobrá motivace pro další studium
- neúspěch by žáky odradil od badatelsky orientovaného způsobu výuky v budoucnosti

Posledních patnáct minut výuky věnovali studenti odvození vztahu pro periodu matematického kyvadla a porovnání svých výsledků získaných badatelským způsobem s jejich původní hypotézou. Studenti toto porovnání provedli stručně písemnou formou v připravené kolonce v pracovním listu. Bonusový úkol zvládla celý pouze skupina č. 4 a skupina č. 1 jej splnila obecně.

V následujícím odstavci budou citovány závěry, ověřující původní hypotézy studentů. Ta ve všech případech obsahovala závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu a hmotnosti závaží. Je citováno doslova.

Skupina číslo 1: „*V naší hypotéze jsme se mylili v tvrzení, že periodu ovlivňuje hmotnost.*“

Skupina číslo 2: „*perioda mat. kyvadla závisí pouze na délce. Na hmotnosti času a síle nezáleží.*“

Skupina číslo 3: „*Jak jsme předpokládali, tak délka periody závisí na délce závěsu, ale překvapilo nás, že na hmotnosti závaží vůbec nezáleží.*“

Skupina číslo 4: „*V původní hypotéze jsme si mysleli, že periodu matematického kyvadlo ovlivňuje i hmotnost, ale pomocí měření jsme zjistili, že tomu tak není. Hmotnost nemá žádný vliv.*“

Skupina číslo 5: „*S naší původní hypotézou se prakticky, de facto nelišíme. Původně jsme si mysleli, že to závisí hmotnosti, ale naše mínění bylo brzy vyvráceno. Myslím si, že graf nám vyšel zcela správně, ale bylo v něm z naší strany dosazeno málo údajů k získání periody. V budoucnu bych nic neměnil, měření bylo zajímavé a pro nás přínosné!*“

Skupina číslo 6: „*Pracovali jsme s rozdílnými délkami vlákna. Čím delší vlákno, tím je perioda kratší, čímž se nám potvrdila naše hypotéza. Pokud bychom měli něco změnit, byla by to menší konstrukce mat. kyvadla.*“

Prezentace výsledků

Na vzájemnou prezentaci výsledků svého bádání v rámci praktického cvičení MKB nezbyl studentům čas. Pan Mgr. Jaromír Osčádal uvolnil čas na tuto prezentaci

z následující hodiny fyziky. Nedostatek času byl způsobený větší časovou dotací u většiny naplánovaných činností, které se v součtu rovnala devadesáti minutám, které byly na praktické cvičení MKB vyhrazeny.

5.7 Účinnost praktického cvičení vedeného badatelskou metodou

Účinnost badatelsky orientovaného praktického cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ je z hlediska znalostí ověřována pomocí didaktického testu. Zpracováním výsledků je srovnáván posun ve znalostech žáků před výukou a po jejím absolvování.

5.7.1 Testování – pretest a posttest

Pro účely MKB byl vytvořen nestandardizovaný didaktický text, který byl studentům předložen pro ověření jejich znalostí z problematiky matematického kyvadla. Test byl předložen studentům den před absolvováním MKB jako pretest během běžné hodiny fyziky. Následující den po absolvování praktického cvičení MKB byl žákům předložen stejný didaktický test, který byl navíc doplněn o anketní otázky týkající se vztahu studentů k fyzice, k badatelsky vedenému praktickému cvičení a k porovnání badatelského přístupu s klasickým transmisivním přístupem.

Nestandardizovaný didaktický test se skládal ze sedmi otázek [30], které testovaly aplikování poznatků látky matematického kyvadla k řešení praktických problémů. Odpověď na první otázku je otevřená a na zbylých šest otázek studenti odpovídali výběrem ze čtyř (v jednom případě z pěti) odpovědí, z nichž pouze jedna je správně. Posttest se skládal z devatenácti otázek, z nichž prvních sedm bylo totožných s pretestem a zbylých dvanáct otázek bylo anketních a studenti opět vybírali z několika možností jednu.

V následujícím nestandardizovaném posttestu je autorské řešení (správně odpovědi) zvýrazněno tučně. Anketní otázky jsou uvedeny pro snadnější porozumění jejich vyhodnocených odpovědí.

Posttest	Datum:	Třída:
MATEMATICKÉ KYVADLO BADATELSKY		
Jméno a příjmení:		

1) Napište vlastními slovy co je doba kmitu (perioda) matematického kyvadla.

2) Hodiny s mosazným kyvadlem jsou v místnosti, kde je $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a jdou správně. Jak půjdou hodiny, jestliže se v místnosti ochladí na $10\text{ }^{\circ}\text{C}$?

- A) Hodiny budou stále ukazovat správný čas.
- B) Hodiny se budou předcházet.**
- C) Hodiny se budou opožďovat.
- D) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

3) Kyvadlo je tvořeno nádobou s pískem zavěšenou na pevném vlákně. Jak se bude měnit perioda kmitání, když se písek z nádoby postupně vysypává? Změnu polohy těžiště při sypaní písku neuvažujte.

- A) Perioda se bude s ubývajícím pískem zvětšovat.
- B) Perioda se bude s ubývajícím pískem zmenšovat.
- C) Perioda bude s ubývajícím pískem neměnná**
- D) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

4) Jak se změní perioda kmitání dětské houpačky, jestliže se místo jednoho dítěte budou současně houpat dvě stejně těžké děti.

- A) Perioda se dvakrát zvětší.
- B) Perioda se zmenší o polovinu.
- C) Perioda se nezmění.**
- D) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

5) Jaká bude perioda kmitů stejného matematického kyvadla na rovníku Země ($g = 9,780\text{m/s}^2$) a na rovníku Měsíce ($g = 1,638\text{m/s}^2$)?

- A) Perioda bude na Zemi větší než na Měsíci.
- B) Perioda bude na Zemi menší než na Měsíci.**
- C) Perioda bude na Zemi i na Měsíci stejná.
- D) Na měsíci se kyvadlo kývat nebude.
- E) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

6) Kyvadlo je tvořeno 100 kilovým tělesem, zavěšeným na 40 m závěsu. Jaká je přibližně perioda jeho kmitů? Tíhové zrychlení $g = 10\text{m/s}^2$

$T = ?$ sekund

- A) 4π sekund**
- B) 2π sekund
- C) π sekund
- D) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

7) Jak se změní perioda kmitů matematického kyvadla, když jej přemístíme ze školní třídy do kabiny padajícího výtahu?

- A) Ve výtahu bude kyvadlo kmitat rychleji (perioda kmitů se zvětší).
- B) Ve výtahu bude kyvadlo kmitat pomaleji (perioda kmitů se zmenší).
- C) Ve výtahu nebude kyvadlo kmitat vůbec.**
- D) Na základě daných údajů nelze rozhodnout.

8) Badatelská laboratorní práce pro mě byla přínosnější, než běžná laboratorní práce:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

9) Badatelská laboratorní práce mi pomohla:

I) s pochopením výkladu:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

II) se spojením látky s praktickými jevy:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

III) se soustředěním na výuku:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

IV) s odpověďmi na test:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

V) s počítáním příkladů:

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

10) Test byl zaměřen na:

A) teorii B) pochopení C) oboje D) nevím

11) Při odpovídání na otázky v testu jsem se snažil si:

A) vzpomenout si B) odhadnout C) tipnout D) představit si E) nevím

12) Zjistil jsi při provádění laboratorní úlohy všechny potřebné informace k vyplnění testu?

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

13) Fyziku se snažím:

A) naučit B) pochopit C) nevím D) nesnažím se

14) Fyziku je těžší se:

A) naučit B) pochopit C) nevím D) nesnažím se

15) Jak změnila badatelská laborka tvůj postoj k fyzice?

A) zlepšila B) zhoršila C) nezměnila D) nevím

16) Lišil se přístup vyučujícího při běžné laboratorní práci a při badatelském postupu? Pokud ano, v čem?

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

17) Kdy se snažil vyučující při výuce vysvětlit látku lépe?

A) v badatelské výuce B) v normální výuce C) stejně D) nevím

18) Která forma výuky pro tebe byla přínosnější?

A) badatelská B) normální C) obě stejně D) nevím

19) Chtěl bys badatelskou formou pracovat na dalších laboratorních úlohách?

A) ano B) spíše ano C) spíše ne D) ne E) nevím

Odpovědi na otázky č. 1-7 didaktického testu byly autorem zpracovány kvantitativně v programu Microsoft Office Excel 2010 pomocí statistické metody četnosti. Výsledky byly uspořádány do tabulky a grafu. Pretest vyplňovalo 12 studentů a posttest pouze 8 studentů. Protože se počet respondentů v pretestu lišil od počtu respondentů posttestu, jsou výsledky pro srovnání zpracovány v procentech.

Tab. 6: Výsledky hodnocení znalostí studentů, kteří absolvovali MKB

číslo otázky	Pretest		posttest		pretest	posttest
	správné odpovědi	nesprávné odpovědi	správné odpovědi	nesprávné odpovědi	[%]	[%]
1	6	6	5	3	50	63
2	0	12	1	7	0	13
3	0	12	5	3	0	63
4	2	10	7	1	17	88
5	6	6	7	1	50	88
6	5	7	4	4	42	50
7	4	8	8	0	33	100



Graf 1: Vyhodnocení nestandardizovaného didaktického testování

Didaktický test byl zaměřený na ověření dovednosti studentů aplikovat poznatky z tématu matematického kyvadla v praktických úlohách. Všichni studenti absolvovali látku matematického kyvadla klasickou (transmisivní) vyučovací metodou v průběhu školního roku. Jejich osvojené poznatky ovšem neuměli aplikovat v praktických úlohách, jak je patrné z výsledků pretestu. Po absolvování praktického cvičení vedeného badatelskou metodou „Matematické kyvadlo badatelsky“ se jejich dovednost aplikace osvojených poznatků v praktických úlohách výrazně zlepšila, jak je patrné z grafu 1. Jelikož počet respondentů byl nízký a test nebyl standardizovaný, nelze výsledky zobecnit.

Z porovnání pretestu a posttestu lze tvrdit, že po absolvování MKB došlo u studentů, díky logickému procesu osvojování a propojení informací do smysluplného kontextu, k lepšímu osvojení poznatků dané problematiky. Studenti prokázali větší porozumění poznatkům a vzájemným vztahům v tématické periody matematického kyvadla. Mírné zlepšení se projevilo i u zapamatování encyklopedického poznatku - definice doby periody, kterého se týkala otázka č. 1. Studenti při formulování vlastní definice daleko lépe operovali s pojmem „*kmit*“, který v pretestu často zaměňovali s pojmem „*kyv*“. Výrazného zlepšení dosáhli studenti i v otázkách týkajících se vlivu tíhové zrychlení na dobu kmitu matematického kyvadla (otázky č. 5 a 7), což předčilo očekávání autora. Největší pokrok ve vědomostech studentů zaznamenal fakt, že hmotnost závaží nemá na periodu matematického kyvadla žádný vliv. Této problematiky se týkaly otázky č. 3 a 4. Lepší osvojení tohoto poznatku bylo očekáváno. Překvapující však byl rozsah tohoto zlepšení. V transmisivním pojetí výuky je tento poznatek studentům pouze sdělen, či jen mechanicky ověřen při klasickém praktickém cvičení. U studentů se však neprojevilo jeho osvojení natolik (jak dokazují výsledky pretestu), aby byli schopni brát jej v potaz v běžném životě. Jiná situace nastane, když dojde k osvojení poznatku badatelským způsobem, tj. že studenti sami tuto skutečnost odhalí. Ta je pro ně natolik překvapující, že zapamatování a osvojení je výraznější a studenti dokáží poznatek využívat v běžném životě.

K nejmenšímu zlepšení při řešení praktických úloh dosáhli studenti u úloh číslo 2 a 6. V úloze číslo 2 byla problematika délky závěsu kyvadla úzce spojena s délkovou roztažností látek. Délková roztažnost látek nebyla procvičena během MKB a studenti si její spojitost s řešením úlohy nespojili. V úloze číslo 6 měli studenti použít vztah

pro periodu matematického kyvadla, který objevili během svého bádání. Zlepšení u této otázky však bylo minimální. Důvodem může být nedostatečně osvojený matematický aparát či nedostatečné osvojení vztahu. Nedostatečné osvojení by mohlo být způsobeno tím, že lektor (z několika důvodů uvedených výše) příliš poradil se správným řešením vztahu a nedošlo tak k případnému poučení z vlastní chyby při závěrečné diskusi.

5.7.2 Vyhodnocení anketních otázek

Studenti hodnotili absolvované praktické cvičení v anketě, která byla součástí posttestu. V anketních otázkách rovněž zhodnotili i vybrané otázky týkající se výuky fyziky. Výsledky anketních otázek jsou shrnuty v tabulce 7. Nejčtenější odpovědi jsou zvýrazněny zelenou barvou.

Tab. 7: Odpovědi na anketní otázky z posttestu

číslo otázky	ano	spíše ano	spíše ne	ne	nevím
8	2	4	1	1	0
9 I	1	6	0	0	1
9 II	1	6	0	0	1
9 III	1	5	2	0	0
9IV	1	4	2	1	0
9V	1	2	2	2	1
12	4	2	2	0	0
16	0	2	2	4	0
19	2	5	0	0	1
	teorii	pochopení	oboje	nevím	x
10	4	4	0	0	0
	vzpomenout	odhadnout	tipnout	představit si	nevím
11	4	0	0	4	0
	zlepšila	zhoršila	nezměnila	nevím	x
15	1	0	6	1	0
	naučit	pochopit	nevím	nesnažím se	x
13	3	3	2	0	0
14	2	6	0	0	0
	badatelské	normální	obě stejně	nevím	x
17	4	0	4	0	0
18	5	0	2	1	0

Praktické cvičení vedené badatelskou metodou hodnotili studenti jako velice nápomocné při pochopení dané látky a jejím propojením s praktickými jevy. Zároveň se většina studentů shodla, že badatelská laboratorní práce jim pomohla se soustředěním se na výuku. Vyrovnanost v odpovědích na otázku č. 9 V dokládá výsledky z pretestu, kdy u studentů došlo pouze k nevýraznému zlepšení v řešení početního příkladu. Z výsledků anketních otázek také vyplývá, že studenti považují fyziku za předmět, který je lehčí se naučit, než jej pochopit. To potvrzuje skutečnost, že dosavadní přístup k výuce fyziky není dostatečně efektivní. Studenti jsou schopni si memorováním osvojit potřebná fakta, ale porozumění souvislostem mezi nimi jim uniká.

Velice pozitivní výsledek pro badatelsky orientovanou výuku přinesly odpovědi na otázky číslo 18 a 19. Studenti jednoznačně odpovídají, že badatelská metoda pro ně byla přínosná a chtěli by touto formou pracovat i v budoucnu. U otázky číslo 16 byly odpovědi záporného charakteru. Nabízí se otázka, jestli studenti z lenosti či ze strachu před otevřenou odpovědí raději volili negativní odpověď, aby se vyhnuli rozepisování otázky. Odpovědi na otázku 16 totiž protirečí ostatním odpovědím, a proto je tato možnost velice pravděpodobná.

5.8 Závěr z pilotního praktického cvičení Matematické kyvadlo badatelsky

Průběh pilotního praktického cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“, vedeného badatelskou metodou, poukázal na některé nedostatky, které by měly být do příští hodiny BOV odstraněny.

Jako nadbytečná činnost v praktickém cvičení se ukázalo seznámení studentů s některými pojmy, základní teorií a definicemi. Tato činnost studenty bavila nejméně a připravila je o značnou část vlastní badatelské činnosti. V praxi by se tento problém dal odstranit tak, že by se studenti s těmito poznatky seznámili v hodině fyziky před samotným praktickým cvičením, anebo by si tyto poznatky osvojili za domácí úkol. Tímto opatřením by se navýšila časová dotace pro samotnou praktickou činnost. Studenti by měli více času na měření a větším počtem naměřených dat a jejich průběžným zpracováním by lépe odhalili vztah mezi periodou a parametry, které ji ovlivňují.

Aby studenti více přemýšleli a uvědomovali si potřebné souvislosti, nahradí v pracovních listech tabulku prázdné místo. Studenti budou více přemýšlet nad tím, co, proč a jak budou měřit, když si sami navrhnu a vytvoří tabulku pro naměřená data.

Největší nedostatkem bylo opravení nesprávně určené závislosti mezi délkou závěsu a periodou matematického kyvadla u některých skupin. Vhodnější by nechat studenty, aby při ověření své hypotézy přišli na její neplatnost a museli badatelský cyklus absolvovat znovu. Tak, jako je tomu při skutečném badatelském cyklu. Studenti by se poučili ze svých chyb a lépe by si osvojili poznatky a procvičili potřebné dovednosti. V případě, že by špatnou hypotézu vyhodnotili jako správnou, svou chybu by odhalili a poučili se z ní během vzájemné prezentace výsledků jednotlivých skupin. K tomu bylo potřeba mít pro BOV větší časovou dotaci.

Navýšení časové dotace pro praktickou, badatelskou činnost se dá realizovat přesunutím poslední části – prezentace výsledků a diskuse nad správnosti řešení – do následující hodiny fyziky. Tak se tomu stalo i v pilotním praktickém cvičení MKB a to se ukázalo jako výhodné řešení, neboť studenti nebyli ve velké časové tísní.

Nestandardizované didaktické testování prokázalo zlepšení v aplikaci osvojených poznatků a dovedností do řešení praktických otázek. Došlo k navýšení relativního počtu správných odpovědí u každé testové otázky. Didaktické testování by mělo být součástí další pilotní hodiny a rovněž by mělo projít několika úpravami. V první řadě by byl vhodnější větší počet testovaných studentů. Toho lze docílit opakování MKB v různých školách a třídách. Pro průkaznější dokázání účinnosti MKB by bylo vhodné absolvovat téma matematického kyvadla s jednou polovinou třídy běžným způsobem a s druhou polovinou badatelským způsobem. Porovnání pretestů a posttestů by přineslo průkaznější data.

Námětům na vylepšení testovací metodiky a zařazení BOV vůbec stojí bohužel v cestě malá hodinová dotace fyziky na středních školách a s tím spojená neochota pedagogického sboru. Většina pedagogů není nakloněna věnování tolika hodin fyziky pouze jednomu tématu. Také pilotní praktické cvičení MKB probíhalo až po uzavření klasifikace a probrání látky stanovené v ŠVP ŠPŠSE a VOŠ pro daný ročník.

Praktické cvičení „Matematické kyvadlo badatelsky“ bylo vytvořeno převážně za účelem seznámení studentů s badatelsky orientovaným způsobem výuky. Cílem bylo studenty zaujmout a představit jim jinou formu vzdělávání a osvojování si poznatků a dovedností. Jak potvrzují odpovědi na anketní otázky, tento cíl byl splněn a studenti přijali BOV více než pozitivně. Do práce se pilně zapojili i méně aktivní studenti. Až na jednu výjimku pracovali studenti samostatně a dle svých znalostí a dovedností. Některé studenty bavila praktická část natolik, že testovali na matematických kyvadlech vlastní konstrukce i věci mimo rámec MKB.

Během pilotního testování praktického cvičení vedeného badatelskou formou nemusely být řešeny žádné kázeňské přestupky.

Závěr

Na základě teoretických poznatků, popsanych v teoretické části diplomové práce, byl vytvořen koncept praktického cvičení vedeného badatelskou metodou pro střední školy na téma matematického kyvadla „Matematické kyvadlo badatelsky“. Vznikl metodický materiál pro učitele a pracovní listy pro žáky. Vytvořené materiály byly použity k ověření praktického cvičení vedeného badatelskou metodou v praxi.

Pilotní vyučování bylo realizováno na střední průmyslové škole, konkrétně na Střední průmyslové škole strojní a elektrotechnické a Vyšší odborné škole v Liberci, příspěvkové organizaci sídlící v Masarykově ulici č. p. 3. Pilotního vyučování se zúčastnil druhý ročník technického lycea. Přestože původně bylo praktické cvičení vytvořeno k naplnění klíčových kompetencí RVP G, byl použit i pro technické lyceum, neboť rozvíjené klíčové kompetence se shodovaly s RVP pro obor vzdělávání strojírenství. Průběh pilotního vyučování byl podrobně popsán v praktické části diplomové práce. Nad očekávání probíhal klidně a studenty výuka velice zaujala. Během pilotního vyučování se objevily náměty na vylepšení praktického cvičení vedeného badatelskou metodou.

S pomocí učitele fyziky druhého ročníku technického lycea proběhlo před a po samotné pilotní hodině nestandardizované didaktické testování. Testování proběhlo na malém vzorku studentů a jeho výsledky nejdou zobecnit. Pro přesnější údaje by bylo lepší provést pilotní vyučování několikrát a na různých školách s různými studenty. Tomu brání buď neochota pedagogického sboru či malá hodinová dotace fyziky na středních školách.

Výsledky nestandardního didaktického testování ukázaly výrazné zlepšení v osvojování poznatků, získávání dovedností, pochopení souvislostí mezi jednotlivými poznatky a v aplikaci těchto poznatků na praktické úlohy. Počet správných odpovědí vzrostl u každé otázky a téměř u poloviny otázek přesáhl počet správných odpovědí 80%.

Z odpovědí na anketní otázky vyplývá, že badatelsky orientované přírodovědné vyučování se u studentů setkalo s pozitivním ohlasem a většina studentů by se v budoucnu ráda vzdělávala touto metodou.

Literatura

- [1] PRŮCHA, J. *Přehled pedagogiky: úvod do studia oboru*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2006, 271 s. ISBN 80-717-8944-5.
- [2] BERTRAND, Y. *Soudobé teorie vzdělávání*. Vyd. 1. Český překlad Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-2165.
- [3] ŠKODA, J., DOULÍK, P. *Vývoj paradigmát přírodovědného vzdělávání*. *PEDAGOGICKÁ ORIENTACE* 2009, roč. 19, č. 3, s. 24-44. ISSN 1211-4669. Dostupné z: <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/bilekma1/moznosti/text/III_3_Vyvoj_paradigmat_prirodovedneho_vzdelavani.pdf>
- [4] FONTANA, D. *Psychologie ve školní praxi: příručka pro učitele*. Vyd. 2. Překlad Karel Balcar. Praha: Portál, 2003, 383 s. ISBN 80-717-8626-8.
- [5] KALHOUS, Z., OBST, O. a kol. *Školní didaktika*, Vyd. 1. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X
- [6] MOLNÁR, J., SCHUBERTOVÁ, S., VANĚK, V. *Konstruktivismus ve vyučování matematice*. [online]. UJEP Olomouc, 2007, [cit. 4. 4. 2013]. Dostupné z: <http://esfmoduly.upol.cz/elearning/konstr_m/index.html#klasifikace>
- [7] FIALOVÁ, H. *Konstruktivismus osou výuky* [online] 2006 [cit. 5. 4. 2013]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/el/1441/jaro2006/ZS1BP_SEVV/Ep.Konstruktivismus.pdf>
- [8] KOLÁŘ, Z., ŠIKULOVÁ, R. *Vyučování jako dialog*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 131 s. Pedagogika (Grada). ISBN 978-802-4715-414.
- [9] PRŮCHA, J., WALTEROVÁ E., MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2003, 322 s. ISBN 80-717-8772-8.
- [10] NEZVALOVÁ, D. *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010, 67 s. ISBN 978-80-244-2540-5.
- [11] OECD. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies – Policy Report. Global Science Forum* [online]. [cit. 9. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>>

- [12] TRNOVÁ, E., TRNA, J. *Přírodovědně nadaní žáci a IBSE (Science gifted students and IBSE)*. In Janda, M., Štáva, J.. *Nadaní žáci ve škole*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita Brno, 2011. p. 127 -138, 12 pp. ISBN 978 -80 -210 -5760 -9
- [13] European Commission, *Science education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, 2007 [online]. [cit. 16. 11. 2013]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf >
- [14] STUHLÍKOVÁ, I. *O badatelsky orientovaném vyučování*. In *Sborník příspěvků semináře Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. DiBi 2010*. Ed.: Papáček, M. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 2010. ISBN 978-80-7394-210-6 [online]. [cit. 17. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf>>
- [15] SAMKOVÁ, L. *Badatelsky orientované vyučování matematiky*. In *Užití počítačů ve výuce matematiky*. Ed.: PECH, P. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 2011. str. 336-341. ISBN 978-80-7394-324-0 [online]. [cit. 20. 11. 2013]. Dostupné z:<http://home.pf.jcu.cz/~upvwm/2011/sbornik/sbornik/Sbornik_UPVM2011.pdf>
- [16] [Telefonující dívka] [fotografie]. In: Týden [online]. [23. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://www.tyden.cz/obrazek/201212/50c6df9d0ed68/crop-297848-indie.jpg>>
- [17] PAPÁČEK, M. *Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice*. In: *Didaktika biologie v České republice a badatelsky orientované vyučování*. 2010, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, s. 145-162. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Pedagogická fakulta [online]. Vytvořeno 23. 4. 2010 [cit. 4. 8. 2013]. Dostupné z: <<http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf>> Sborník vydán též knižně, ISBN 978-80-7394-210-6.
- [18] FRANKLIN, W. A.: *Inquire Based Science: Inquiry Based Approaches to Science Education: Theory and Practis* [online]. [cit. 25. 11. 2013]. Dostupné z:< <http://www.brynmawr.edu/biology/franklin/InquiryBasedScience.html> >
- [19] TRNA, J. (2011). *Využití IBSE ve výuce fyziky*. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky* 16. Olomouc: UP Olomouc, 237-245.

- [20] TRNA, J. *Profesní reflexně orientované zaměření na badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (IBSE)* [online]. [25. 11. 2013]. Dostupné z: <<http://profiles.ped.muni.cz/ibse.php?pojem=faze>>
- [21] PAPÁČEK, M. *Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? SCIENTIA IN EDUCATIONE* 1, 2010. p. 33-49, ISSN 1804-7106. [online]. [cit. 24. 11. 2013]. Dostupné z: <www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=391>
- [22] Sdružení TEREZA, 2012. *Badatelsky orientované vyučování: průvodce pro učitele: pracovní verze*. Praha: Sdružení TEREZA, říjen 2012, 74 s. Tištěný výstup z projektu BADATELÉ.cz.
- [23] *Teaching Inquiry with Primary Sources*. In Library of congress [online]. Vytvořeno 2. 8. 2013 [cit. 1. 12. 2013]. Dostupné z: <http://www.loc.gov/teachers/tps/quarterly/inquiry_learning/article.html>
- [24] *Inquiry-based Learning*. [online] [cit. 1. 12. 2013]. Dostupné z: <<http://www.worksheetlibrary.com/teachingtips/inquiry.html>>
- [25] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*, 2011. In: Národní ústav pro vzdělávání [online]. Vytvořeno 20. 1. 2013 [cit. 2. 12. 2013]. Dostupné z: <<http://www.nuv.cz/file/159>>
- [26] *Galileo Galilei* [online] [cit. 4.2.2013] Dostupné z: <<http://www.quido.cz/osobnosti/galilei.htm>>
- [27] *Tíhové zrychlení* In wikipedia [online] Editováno 20.1.2013 [cit. 15. 2. 2013]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADhov%C3%A9_zrychlen%C3%AD>
- [28] *Historie školy* [online] [cit. 4. 12. 2013] Dostupné z: <<http://www.pslib.cz/index.php?id=1115>>
- [29] LEPIL, O. *Fyzika pro gymnázia: mechanické kmitání a vlnění*. 3. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2001, 129 s. ISBN 80-719-6216-3.
- [30] LEPIL, O. *Kmitání mechanického oscilátoru* In Gymnázium Nový Bydžov [online] [cit. 16. 3. 2013]. Dostupné z: <<http://www.matfyz.eu/dokumenty/sminimum/lepil/kmityavlny.pdf>>

Seznam příloh

- Příloha A: Metodický list MKB pro učitele
- Příloha B: Pracovní list MKB pro žáky
- Příloha C: Vypracovaný pracovní list MKB skupiny číslo 4.
- Příloha D: Vypracovaný pracovní list MKB skupiny číslo 5.

PŘÍLOHA A - Metodický list MKB pro učitele

Badatelská laboratorní úloha - Matematické kyvadlo

MOTIVACE

První fáze laboratorního cvičení badatelskou formou, je potřeba žáky motivovat k měření – získat jejich zájem pro danou problematiku. Kromě motivačního textu, který si žáci přečtou po rozdělení pracovních listů (dále jen PL), je učitel zapojí do motivačního pokusu. Motivační pokus se nazývá „zkouška odvahy“.

Pomůcky: PET láhev s vodou, prádelní šňůra, závěs ve výšce několik metrů (např. u stropu)

Do víčka velké PET láhve uděláme otvor o průměru prádelní šňůry. Prostrčíme prádelní šňůru otvorem a uděláme z vnitřní strany víčka uzel. Druhý konec šňůry upevníme minimálně tři metry nad zemí. PET lahev naplníme vodou a našroubujeme na ní víčko. Vychýlíme láhev z rovnovážné polohy o úhel přibližně 10° . Dobrovolník (žák) se postaví tak, aby se vychýlená láhev lehce dotýkala jeho nosu. Učitel láhev pustí a žák musí zůstat stát bez hnutí na místě a pozorovat, jak se mu po chvilce řítí láhev plná vody proti obličeji. Kolize s obličejem je však při správném provedení pokusu zcela vyloučena. Láhev nedostává při pohybu žádnou energii, pouze přeměňuje svojí potenciální pohybovou energii v kinetickou a naopak. Během kyvu dochází k přeměně energie na teplo v důsledku odporu prostředí a tření závěsu. Výchozí polohy (nosu) láhev nedosáhne.

Vyzkoušet svou odvalu může i více žáků, pokud bude zájem, nesmí se ale výrazně překročit časová dotace vyhrazená na motivační pokus. Je důležité žákům na pokusy vysvětlit potřebné pojmy.

Učitel provede motivační pokus „Zkouška odvahy“ během kterého žákům vysvětlí pojmy jako rovnovážná poloha, krajní poloha, výchylka – pouze 5 až 10° , kmit a doba jednoho kmitu = perioda. Rovněž učitel vysvětlí žákům, že délka závěsu kyvadla se měří od konce závěsu k těžišti závaží.

Motivační text z PL pro žáky (můžou si přečíst na začátku laboratorní práce):

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, na čem doba kyvu lampy závisí. Své předpoklady později experimentálně ověřil a dal tak podklady pro další vědeckou práci, která vedla

k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Zákonitosti pohybu kyvadla pomohli sestrojiti hodiny, které umožnili měřit čas mnohem přesněji než u předchozích modelů hodin.

Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla?

Kyvadlo:

Napište vlastními slovy, co je podle Vás kyvadlo.

- *Kyvadlo je těleso, volně otočné kolem pevné vodorovné osy, neprocházející jeho těžištěm. Pokud je takové těleso vychýleno z rovnovážné polohy, koná kývavý pohyb. Při něm se střídavě mění potenciální energie kyvadla na kinetickou energii kyvadla a naopak.*

Matematické kyvadlo:

Matematické kyvadlo je zvláštní druh kyvadla. Je to myšlenkový model, kdy uvažujeme hmotný bod zavěšený na tenkém vlákně zanedbatelné hmotnosti. Při kmitání matematického kyvadla zanedbáváme odpor vzduchu i tření v závěsu a gravitační pole se považuje za homogenní.

Perioda matematického kyvadla:

Definujte vlastními slovy periodu (dobu kmitu) matematického kyvadla.

Perioda matematického kyvadla je čas, za který kyvadlo urazí dráhu z rovnovážné polohy přes obě krajní polohy zpět do rovnovážné polohy. Doba jednoho kyvu je čas, za který kyvadlo urazí dráhu z rovnovážné polohy do krajní polohy a zpět do rovnovážné polohy. *Je to čas, který uplyne mezi tím, co láhev odletí od vašeho nosu pryč a zase se k němu vrátí.*

Pozn. Doba jednoho kyvu je rovna polovině periody kmitu matematického kyvadla.

STANOVENÍ HYPOTÉZY

Předpověď:

Jaké fyzikální veličiny jsou spojeny s matematickým kyvadlem a které z nich mohu já sám ovlivnit? Diskutuje mezi sebou ve skupině, případně s učitelem.

Zde učitel vysvětlí žákům, že jejich hlavním cílem je zjistit, na čem závisí doba periody matematického kyvadla. Učitel pozoruje žáky během jejich diskuse a případně radí s dotazy.

HYPOTÉZA:

Stručně vlastními slovy popište, na čem podle Vás závisí doba kmitu matematického kyvadla.

Zde žáci mohou například napsat: „Doba kmitu matematického kyvadla závisí na hmotnosti závaží a na výchylce“.

Je důležité nijak neopravovat jejich hypotézu. Žáci sami svým bádáním tuto hypotézu vyvrátí, či potvrdí!

PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU

Učitel připraví na katedru celé množství pomůcek k sestavení matematického kyvadla. Žáci si libovolně berou z učitelova stolu a každá pracovní skupina postaví jedno matematické kyvadlo. Během tvoření žáků učitel kontroluje práci a v případě potřeby radí s konstrukcí kyvadla. Pomůcky:

Pomůcky pro žáky:

Stojany 8x, tyčky železné cca 20 cm (8x), **laboratorní svorka dvojitá křížová 8x**, **svinovací metr 8x**, klubko nití, kuličky 20x, silné magnety 10x, izolepa, **různá závaží s háčky** či železné matky 16x, pracovní listy, pre-test, post-test, váhy digitální, stopky, pravítko, tužka, propiska, kalkulačka?

Pomůcky pro učitele:

Metodický list, PET láhev, prádelní šňůra, stojan, skleněná deska, laboratorní svorka dvojitá křížová, laboratorní držák, truhlářská svorka, prostěradlo, **závěs u stropu či velké štafle**; sešíváčka na protokoly žáků,

Diskutujte podobu, průběh experimentu a možná řešení. Navrhněte a zkonstruuje matematické kyvadlo, jehož délku půjde libovolně měnit. Zvažte výhody a nevýhody různých konstrukcí. Na sestavení matematického kyvadla použijte libovolné pomůcky z těch, které jste dostali od učitele. Ověřte správnou funkčnost Vašeho kyvadla a cvičně změřte dobu jedné periody.

Několik poznámek:

Pro ověření Vaší hypotézy budete potřebovat změřit závislost periody matematického kyvadla na přibližně deseti různých délkách a také s různými hmotnostmi. Brzy přijdete na to, že změřit dobu pouze jednoho kmitu je velice obtížné. V praxi se velice osvědčila metoda změřit dobu deseti kmitů a vydělit ji deseti. Pro zpřesnění měření je nutné měření při příslušnou délku několikrát zopakovat a výsledné hodnoty zprůměrovat. Zvažte možnost jednoduchého závěsu či dvoj-závěsu.

Stručně popište postup, jakým jste se rozhodli periodu měřit a nakreslete schéma vašeho matematického kyvadla.

Učitel by měl dohlédnout na to, aby žáci jednoduché schéma či nákres svého kyvadla pečlivě popsali, aby bylo možno identifikovat pomůcky, ze kterých bylo kyvadlo sestaveno.

VLASTNÍ MĚŘENÍ (SBĚR DAT)

Pomůcky a potřeby: Zde žáci napíší seznam všech pomůcek, které ve své laboratorní práci použili. Učitel jej instruuje, že jej mohou sepsat až na konci hodiny.

Pokud neznáte hmotnost závaží, určete jejich hmotnost pomocí digitálních vah.

Naměřené hodnoty:

Využijte přiloženou tabulku pro záznam vašich naměřených hodnot. Pokud by Vám vyhovovala jiná tabulka vlastní konstrukce, můžete pro její vytvoření použít zadní stranu tohoto listu.

Číslo měření	l []	m []	$10T$ [s]					T [s]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

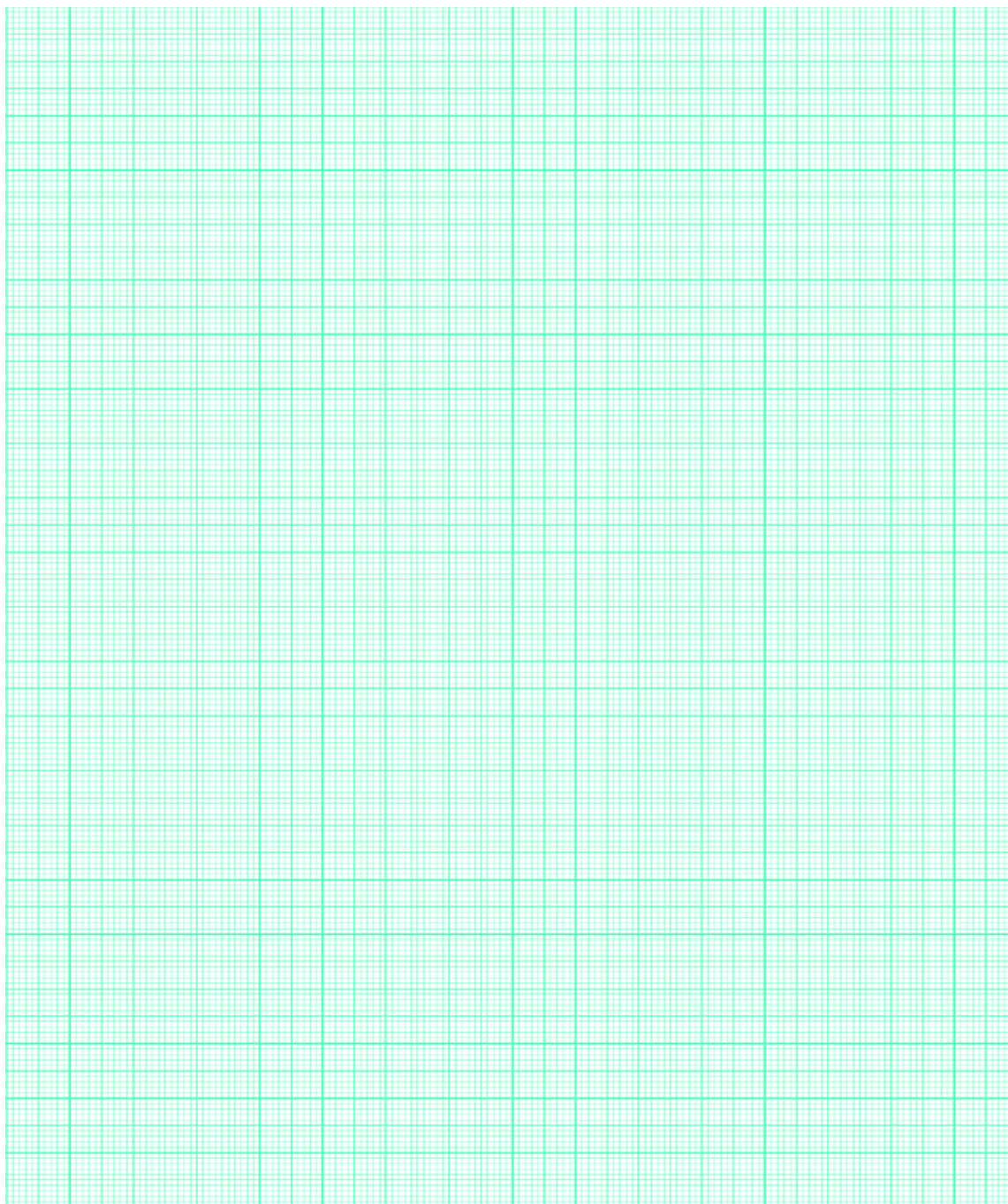
Pomocné výpočty:

Do tabulky žáci zaznamenávají svoje měření. Pro větší přesnost je lepší měření opakovat. Žáci už by měli vědět, že dobu kmitu nejlépe zjistí tak, že změří dobu 10 kmitů a vydělí ji počtem měření (v našem případě číslem 10). Pro lepší přesnost je lepší tento postup několikrát zopakovat pro stejné parametry kyvadla a výsledky zprůměrovat. Učitel žáky instruuje k tomuto postupu. Počet opakování měření lze upravit podle časových dispozic.

Žáci by měli z tabulky poznat, že při stejné délce, ale jiné hmotnosti se perioda nezmění a měli by tak hmotnost, jako parametr ovlivňující dobu kmitu kyvadla, zamítnout. Učitel jim tento fakt neprozrazuje.

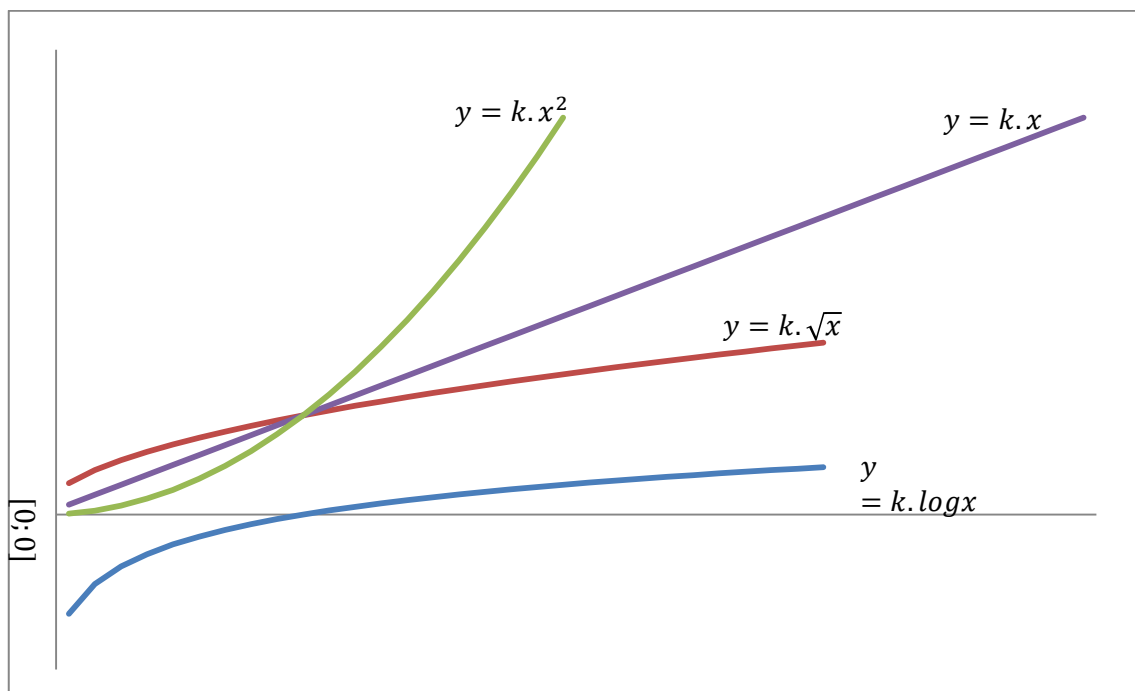
VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Použijte milimetrový papír pro grafické vyhodnocení vašich naměřených dat.
(Zpracujte do grafu závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti)



Na přiložený milimetrový papír žáci zakreslí graf, kde vynesou své naměřené hodnoty. Učitel kontroluje úhlednost grafů a správné měřítko. V případě potřeby navrhuje žákům, aby si uvědomili, které veličiny budou na osy vynášet. (na ose y bude perioda a na ose x délka závěsu). Učitel instruuje žáky, aby výslednou křivku zvýraznili.

Pokud jste zvolili správný pracovní postup, Váš graf teď znázorňuje závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu. Určete, jaká je mezi nimi závislost. K Vašemu rozhodnutí můžete využít obrázky vybraných závislostí:



V obrázku je k konstanta, která byla odvozena z teorie matematického kyvadla a je rovna $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$; kde g je tíhové zrychlení, jehož tabulková hodnota pro Liberec činí $g=9,81405 \text{ m/s}^2$.

Která závislost se nejvíce podobá té ve Vašem grafu?

Žáci vyberou vhodnou závislost na základě podobnosti s jejich grafem.

Odvoďte vztah pro periodu matematického kyvadla a vhodně jej upravte:

Jako vodítko vám poslouží závislost T na ostatních veličinách a konstantách. Inspirujte se obrázkem a za y a x dosad'te analogicky veličiny z grafu Vaší zjištěné závislosti.

$$T =$$

Žáci dosadí do vztahu $T = k \cdot x$ za konstantu k a za x dosadí vhodnou závislost (odmocninu z l). Výsledný vztah upraví a dostanou vztah pro periodu matematického kyvadla. Učitel může vhodně napovídat jednotlivým skupinkám, kdyby si nevěděli rady s matematickým aparátem úpravy vztahu.

OVĚŘENÍ HYPOTÉZY

Diskutujte zjištěné vztahy s Vaší původní hypotézou. V případě nepotvrzení původní mylné hypotézy formulujte nový závěr na základě Vašich výsledků. Jaký vliv na době kmitu matematického kyvadla má hmotnost? Diskutujte své výsledky se zbytkem třídy. Co byste změnili, kdybyste v budoucnu opět měřili periodu matematického kyvadla?

Žáci zde slovně popíší, jestli ověřili či vyvrátili svou původní hypotézu či zda je pro její potvrzení/vyvrácení potřeba provést další měření. (učitel v případě potřeby radí, jak závěr formulovat).

V krátké prezentaci zbytku třídy (jeden ze skupiny se postaví a v několika větách shrne výsledky měření své skupiny) či formou diskuse řízené učitelem (učitel se ptá celé třídy na výsledky jejich práce) seznámí skupinky zbytek třídy o výsledcích své práce. Žáci své výsledky porovnají.

Bonusový úkol:

Vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení g z Vašeho objeveného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v Liberci $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.

Pokud by nějaká skupina splnila všechny úkoly před koncem hodiny, vypracují ve zbytku hodiny tento příklad s tím, že využijí svého objeveného vztahu.

PŘÍLOHA B - Pracovní list MKB pro žáky

Badatelská laboratorní úloha - Matematické kyvadlo

Pracovní list	Datum:	Třída:
MATEMATICKÉ KYVADLO BADATELSKY		
Vypracovali:		

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, na čem doba kyvu lampy závisí. Své předpoklady později experimentálně ověřil a dal tak podklady pro další vědeckou práci, která vedla k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Zákonitosti pohybu kyvadla pomohli sestavit hodiny, které umožnili měřit čas mnohem přesněji než u předchozích modelů hodin.

Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla?

Kyvadlo:

Napište vlastními slovy, co je podle Vás kyvadlo.

Matematické kyvadlo:

Matematické kyvadlo je zvláštní druh kyvadla. Je to myšlenkový model, kdy uvažujeme hmotný bod zavěšený na tenkém vlákně zanedbatelné hmotnosti. Při kmitání matematického kyvadla zanedbáváme odpor vzduchu i tření v závěsu a gravitační pole se považuje za homogenní.

Perioda matematického kyvadla:

Definujte vlastními slovy periodu (dobu kmitu) matematického kyvadla.

STANOVENÍ HYPOTÉZY

Předpověď:

Jaké fyzikální veličiny jsou spojeny s matematickým kyvadlem a které z nich mohu já sám ovlivnit? Diskutuje mezi sebou ve skupině, případně s učitelem.

HYPOTÉZA:

Stručně vlastními slovy popište, na čem podle Vás závisí doba kmitu matematického kyvadla.

PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU

Diskutujte podobu, průběh experimentu a možná řešení. Navrhněte a zkonstruuje matematické kyvadlo, jehož délku půjde libovolně měnit. Zvažte výhody a nevýhody různých konstrukcí. Na sestavení matematického kyvadla použijte libovolné pomůcky z těch, které jste dostali od učitele. Ověřte správnou funkčnost Vašeho kyvadla a cvičně změřte dobu jedné periody.

Několik poznámek:

Pro ověření Vaší hypotézy budete potřebovat změřit závislost periody matematického kyvadla na přibližně deseti různých délkách a také s různými hmotnostmi. Brzy přijdete na to, že změřit dobu pouze jednoho kmitu je velice obtížné. V praxi se velice osvědčila metoda změřit dobu deseti kmitů a vydělit ji deseti. Pro zpřesnění měření je nutné měření při příslušnou délku několikrát zopakovat a výsledné hodnoty zprůměrovat. Zvažte možnost jednoduchého závěsu či dvoj-závěsu.

Stručně popište postup, jakým jste se rozhodli periodu měřit a nakreslete schéma vašeho matematického kyvadla.

VLASTNÍ MĚŘENÍ (SBĚR DAT)

Pomůcky a potřeby:

Pokud neznáte hmotnost závaží, určete jejich hmotnost pomocí digitálních vah.

Naměřené hodnoty:

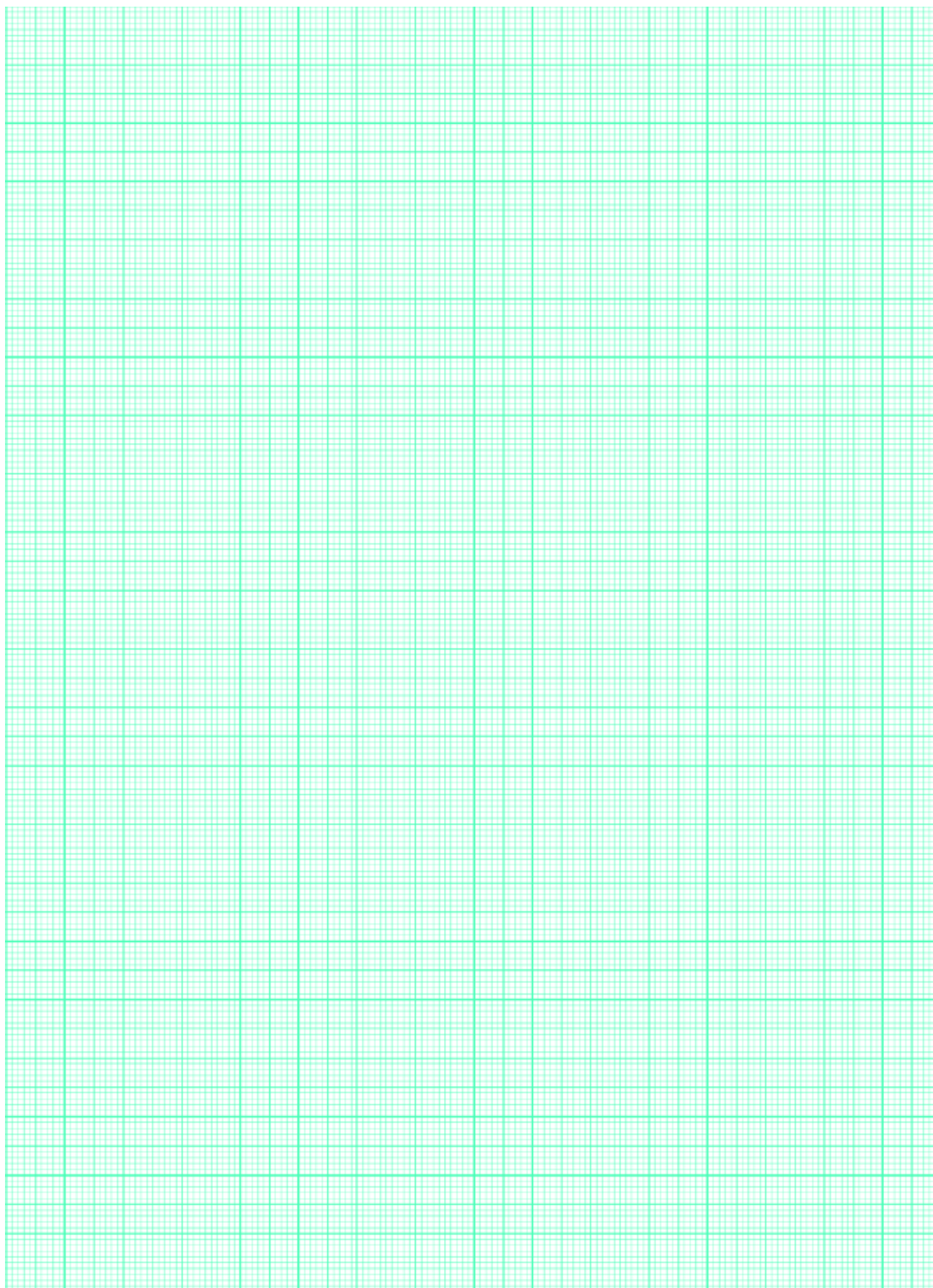
Využijte přiloženou tabulku pro záznam vašich naměřených hodnot. Pokud by Vám vyhovovala jiná tabulka vlastní konstrukce, můžete pro její vytvoření použít zadní stranu tohoto listu.

Číslo měření	l []	m []	$10T$ [s]					T [s]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

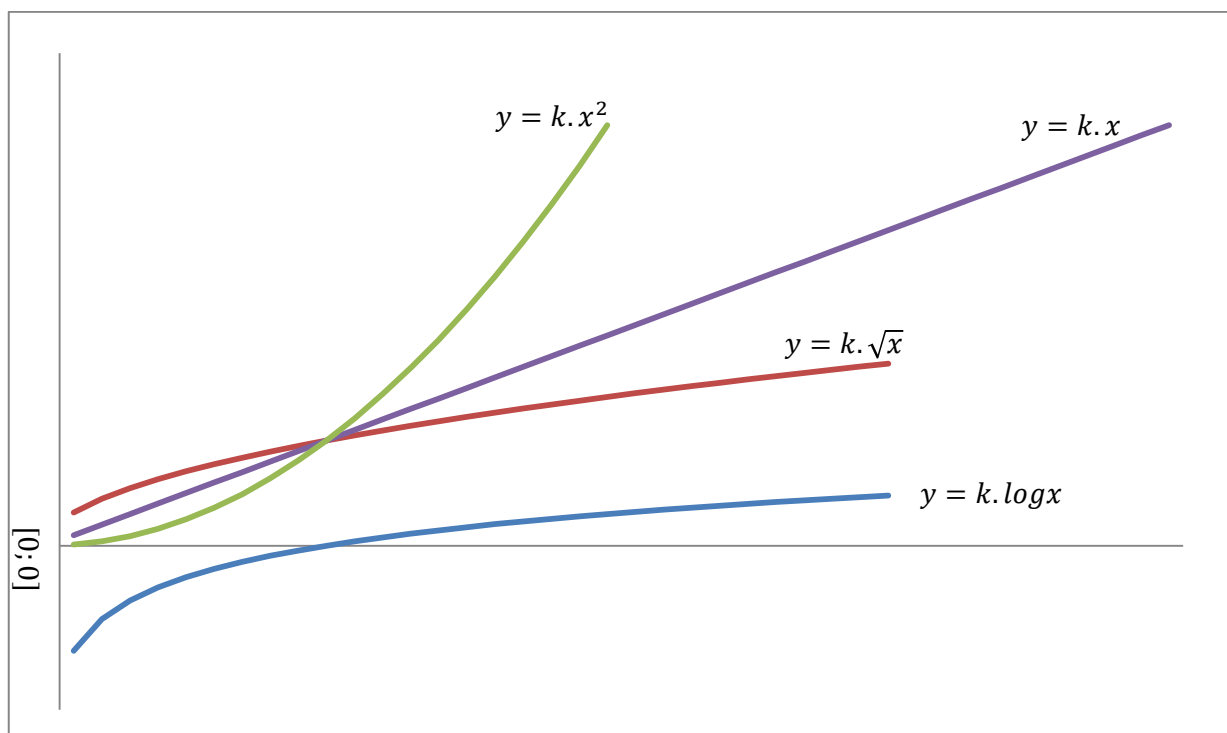
Pomocné výpočty:

VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Použijte milimetrový papír pro grafické vyhodnocení vašich naměřených dat.
(Zpracujte do grafu závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti)



Pokud jste zvolili správný pracovní postup, Váš graf teď znázorňuje závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu. Určete, jaká je mezi nimi závislost. K Vašemu rozhodnutí můžete využít obrázky vybraných závislostí:



V obrázku je k konstanta, která byla odvozena z teorie matematického kyvadla a je rovna $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$; kde g je tíhové zrychlení, jehož tabulková hodnota pro Liberec činí $g=9,81405 \text{ m/s}^2$.

Která závislost se nejvíce podobá té ve Vašem grafu?

Odvoďte vztah pro periodu matematického kyvadla a vhodně jej upravte:

Jako vodítko vám poslouží závislost T na ostatních veličinách a konstantách. Inspirujte se obrázkem a za y a x dosad'te analogicky veličiny z grafu Vaší zjištěné závislosti.

$T =$

OVĚŘENÍ HYPOTÉZY

Diskutujte zjištěné vztahy s Vaší původní hypotézou. V případě nepotvrzení původní mylné hypotézy formulujte nový závěr na základě Vašich výsledků. Jaký vliv na dobu kmitu matematického kyvadla má hmotnost? Diskutujte své výsledky se zbytkem třídy. Co byste změnili, kdybyste v budoucnu opět měřili periodu matematického kyvadla?

Bonusový úkol:

Vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení g z Vašeho objeveného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v Liberci $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.

PŘÍLOHA C – Vypracovaný pracovní list skupiny číslo 4

Badatelská laboratorní úloha - Matematické kyvadlo

Pracovní list	Datum: 10.6.2013	Třída: 12
Vypracovali:		

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, na čem doba kyvu lampy závisí. Své předpoklady později experimentálně ověřil a dal tak podklady pro další vědeckou práci, která vedla k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Zákonitosti pohybu kyvadla pomohli sestavit hodiny, které umožnili měřit čas mnohem přesněji než u předchozích modelů hodin.

Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla?

Kyvadlo:

Napište vlastními slovy, co je podle Vás kyvadlo.

Hmotný bod nebo objekt zavěšený na pevném
těle, které může kmitat a být se.

Matematické kyvadlo:

Matematické kyvadlo je zvláštní druh kyvadla. Je to myšlenkový model, kdy uvažujeme hmotný bod zavěšený na tenkém vlákně zanedbatelné hmotnosti. Při kmitání matematického kyvadla zanedbáváme odpor vzduchu i tření v závěsu a gravitační pole se považuje za homogenní.

Perioda matematického kyvadla:

Definujte vlastními slovy periodu (dobu kmitu) matematického kyvadla.

Doba za jakou se kyvko vrátí do
původní polohy

STANOVENÍ HYPOTÉZY

Předpověď:

Jaké fyzikální veličiny jsou spojeny s matematickým kyvadlem a které z nich mohu já sám ovlivnit? Diskutuje mezi sebou ve skupině, případně s učitelem.

HYPOTÉZA:

Stručně vlastními slovy popište, na čem podle Vás závisí doba kmitu matematického kyvadla.

DÁLEŽÍ NA DÍLCE PRŮVÁZU, HMOTNOSTI ZÁVAŽÍ

PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU

Diskutujte podobu, průběh experimentu a možná řešení. Navrhněte a zkonstruujte matematické kyvadlo, jehož délku půjde libovolně měnit. Zvažte výhody a nevýhody různých konstrukcí. Na sestavení matematického kyvadla použijte libovolné pomůcky z těch, které jste dostali od učitele. Ověřte správnou funkčnost Vašeho kyvadla a cvičně změřte dobu jedné periody.

Několik poznámek:

Pro ověření Vaší hypotézy budete potřebovat změřit závislost periody matematického kyvadla na přibližně deseti různých délkách a také s různými hmotnostmi. Brzy přijdete na to, že změřit dobu pouze jednoho kmitu je velice obtížné. V praxi se velice osvědčila metoda změřit dobu deseti kmitů a vydělit ji deseti. Pro zpřesnění měření je nutné měření při příslušnou délku několikrát zopakovat a výsledné hodnoty zprůměrovat. Zvažte možnost jednoduchého závěsu či dvoj-závěsu.

Stručně popište postup, jakým jste se rozhodli periodu měřit a nakreslete schéma vašeho matematického kyvadla.

MĚŘENÍ DO KMITŮ 5x
PŘI STEJNÉ DÉLCE
A HMOTNOSTI
A NÁSLEDNĚ VYDĚLENÍ
A POTÉ UVEDENÍ
2 STÍ JEDNÉ PERIODY



VLASTNÍ MĚŘENÍ (SBĚR DAT)

Pomůcky a potřeby:

STOJAN
PROVÁZ
50 A 100g ZÁVAŽÍ
SALIVERA
TUŽKA

Pokud neznáte hmotnost závaží, určete jejich hmotnost pomocí digitálních vah.

Naměřené hodnoty:

Využijte příloženou tabulku pro záznam vašich naměřených hodnot. Pokud by Vám vyhovovala jiná tabulka vlastní konstrukce, můžete pro její vytvoření použít zadní stranu tohoto listu.

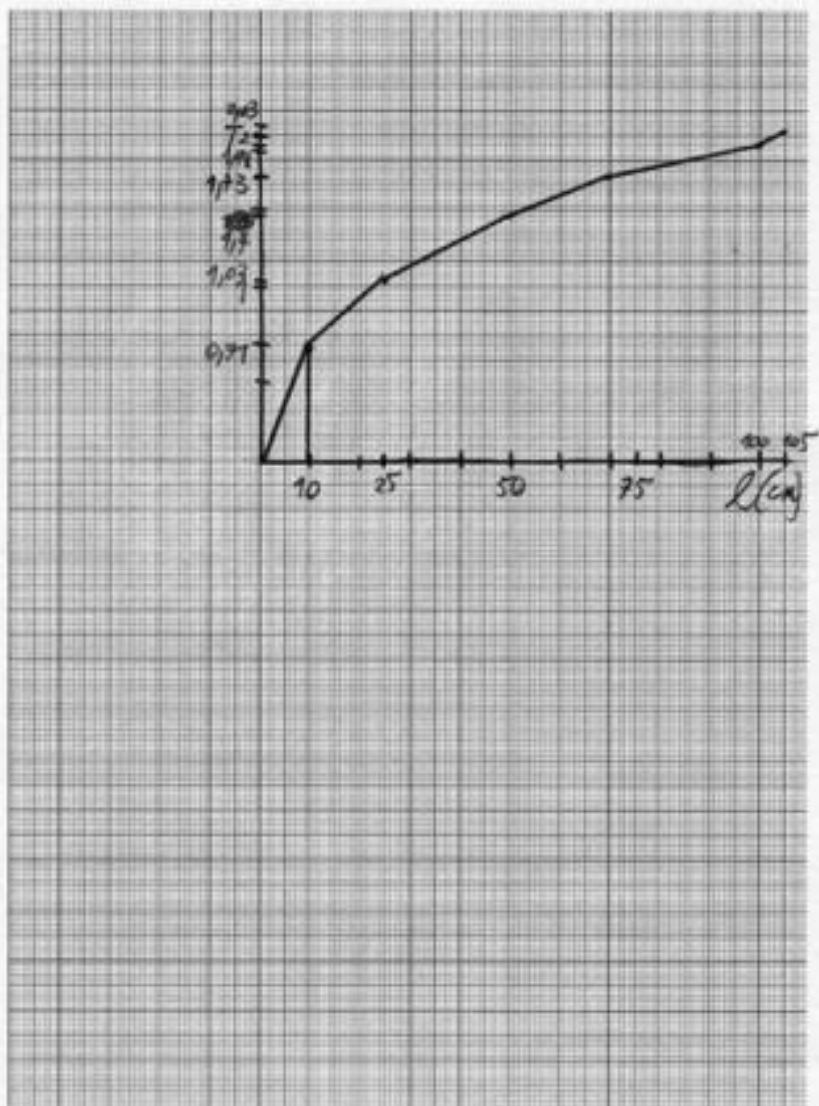
Číslo měření	l []	m []	10T [s]				T [s]
1	105 cm	50g	20,3	20,2			2,03
2	105 cm	100g	20,4	20,4			2,04
3	105 cm	200g	20,4	20,45			2,045
4	105 cm	300g	20,7	20,7			2,07
5	105 cm	400g	21	20,8			2,09
6	100 cm	100g	19,8	19,7			1,98
7	75 cm	100g	17,3	17,3			1,73
8	50 cm	100g	14,2	13,8			1,4
9	25 cm	100g	10,7	10,7			1,07
10	10 cm	100g	7,7	7			0,77
11							
12							
13							
14							
15							

Pomocné výpočty:

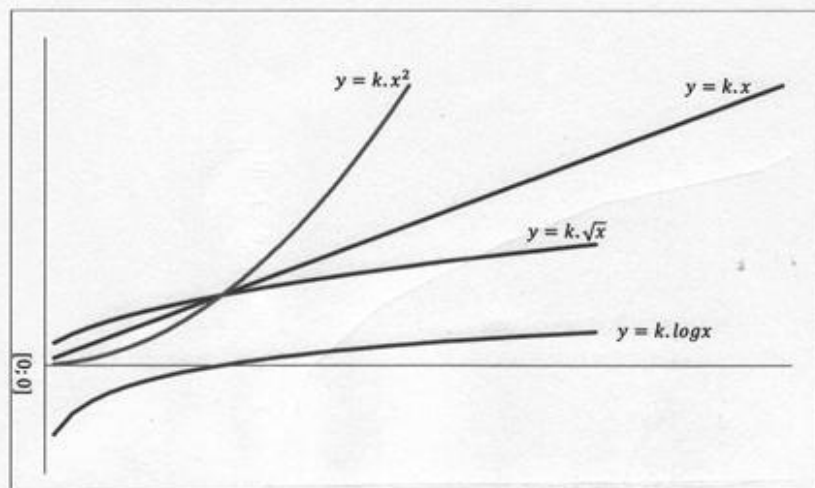
2,03
1,98
1,73
1,4
1,07
0,77

VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Použijte milimetrový papír pro grafické vyhodnocení vašich naměřených dat. (Zpracujte do grafu závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti)



Pokud jste zvolili správný pracovní postup, Váš graf teď znázorňuje závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu. Určete, jaká je mezi nimi závislost. K Vašemu rozhodnutí můžete využít obrázky vybraných závislostí:



V obrázku je k konstanta, která byla odvozena z teorie matematického kyvadla a je rovna $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$; kde g je tíhové zrychlení, jehož tabulková hodnota pro Liberec činí $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.

Která závislost se nejvíce podobá té ve Vašem grafu?

$$y = k \cdot \sqrt{x}$$

Odvoďte vztah pro periodu matematického kyvadla a vhodně jej upravte:

Jako vodítko vám poslouží závislost T na ostatních veličinách a konstantách. Inspirujte se obrázkem a za y a x dosadte analogicky veličiny z grafu Vaší zjištěné závislosti.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

The student has written the formula $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ and crossed out the previous formula $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ which was written above it. The student has also written $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ below the crossed-out formula.

OVĚŘENÍ HYPOTÉZY

Diskutujte zjištěné vztahy s Vaší původní hypotézou. V případě nepotvrzení původní mylné hypotézy formulujte nový závěr na základě Vašich výsledků. Jaký vliv na dobu kmitu matematického kyvadla má hmotnost? Diskutujte své výsledky se zbytkem třídy. Co byste změnili, kdybyste v budoucnu opět měřili periodu matematického kyvadla?

V PŮVODNÍ HYPOTÉZE JSME SI MYSLĚLI ŽE PERIODA MATEMATICKÉHO KYVADLA OVLIVŇUJE HMOTNOST, ALE POKUDÍ MĚŘENÍ JSME ZJISTILI, ŽE TOMU TAK NEJÍ. HMOTNOST MÁ ŽÁDNÝ VLIV.

Bonusový úkol:

Vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení g z Vašeho objeveného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v Liberci $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$2,03 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1,05}{g}}$$

$$\frac{2,03}{2\pi} = \sqrt{\frac{1,05}{g}}$$

$$0,104383516 = \sqrt{\frac{1,05}{g}}$$

$$0,104383516^2 = \frac{1,05}{g}$$

$$g = 10,06$$

NEVYSLO NÁM PŘESNĚ ALE HODLÍM, ŽE TO JE V DŮSLEDKU NAHRADĚNÍ HODNOT

PŘÍLOHA D – Vypracovaný pracovní list skupiny číslo 5

Badatelská laboratorní úloha - Matematické kyvadlo

Pracovní list	Datum: 20.6.2013	Třída: L9
Vypracovali:		

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, na čem doba kyvu lampy závisí. Své předpoklady později experimentálně ověřil a dal tak podklady pro další vědeckou práci, která vedla k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Zákonitosti pohybu kyvadla pomohli sestavit hodiny, které umožnili měřit čas mnohem přesněji než u předchozích modelů hodin.

Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla?

Kyvadlo:

Napište vlastními slovy, co je podle Vás kyvadlo.

kyvadlo se je těleso, volně otočné kolem jednoho bodu. Pohyb se tělesa vyvíjí z rovnovážné polohy kolem rovnovážné polohy.

Matematické kyvadlo:

Matematické kyvadlo je zvláštní druh kyvadla. Je to myšlenkový model, kdy uvažujeme hmotný bod zavěšený na tenkém vlákně zanedbatelné hmotnosti. Při kmitání matematického kyvadla zanedbáváme odpor vzduchu i tření v závěsu a gravitační pole se považuje za homogenní.

Perioda matematického kyvadla:

Definujte vlastními slovy periodu (dobu kmitu) matematického kyvadla.

Perioda závisí na délkou kyvadla a na síle tíže. Je přímo úměrná druhé odmocnině z délky nitě.

STANOVENÍ HYPOTÉZY

Předpověď:

Jaké fyzikální veličiny jsou spojeny s matematickým kyvadlem a které z nich mohou já sám ovlivnit? Diskutujte mezi sebou ve skupině, případně s učitelem.

HYPOTÉZA:

Stručně vlastními slovy popište, na čem podle Vás závisí doba kmitu matematického kyvadla.

Závisí na délce lůžku a libovolným pravidelným a hmotnosti.

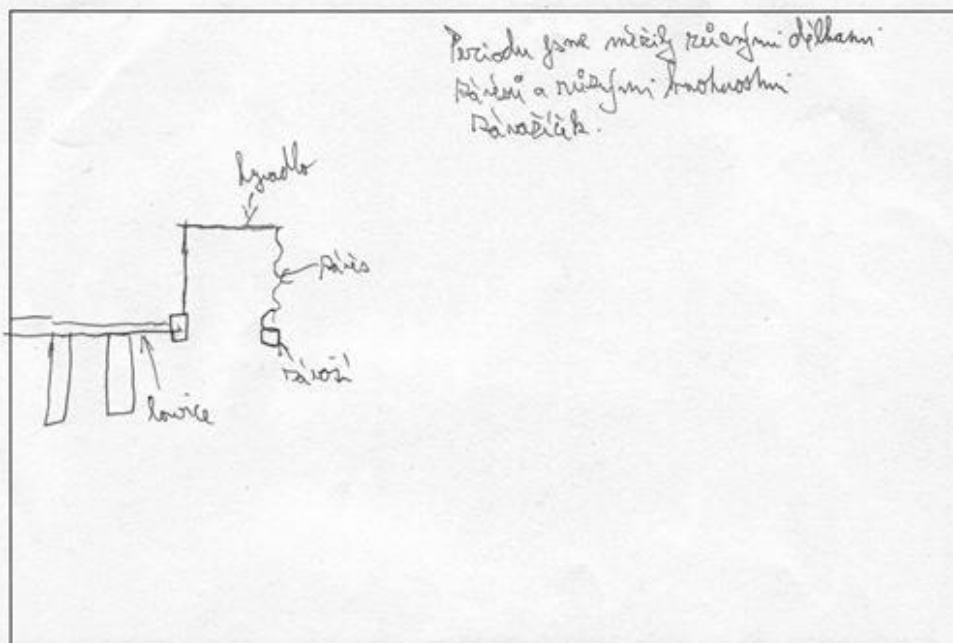
PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU

Diskutujte podobu, průběh experimentu a možná řešení. Navrhněte a zkonstruujte matematické kyvadlo, jehož délku půjde libovolně měnit. Zvažte výhody a nevýhody různých konstrukcí. Na sestavení matematického kyvadla použijte libovolné pomůcky z těch, které jste dostali od učitele. Ověřte správnou funkčnost Vašeho kyvadla a cvičně změřte dobu jedné periody.

Několik poznámek:

Pro ověření Vaší hypotézy budete potřebovat změřit závislost periody matematického kyvadla na přibližně deseti různých délkách a také s různými hmotnostmi. Brzy přijdete na to, že změřit dobu pouze jednoho kmitu je velice obtížné. V praxi se velice osvědčila metoda změřit dobu deseti kmitů a vydělit ji deseti. Pro zpřesnění měření je nutné měření při příslušnou délku několikrát zopakovat a výsledné hodnoty zprůměrovat. Zvažte možnost jednoduchého závěsu či dvoj-závěsu.

Stručně popište postup, jakým jste se rozhodli periodu měřit a nakreslete schéma vašeho matematického kyvadla.



VLASTNÍ MĚŘENÍ (SBĚR DAT)

Pomůcky a potřeby:

Závaží - 50g, 90g, byvaldo, nádrž

Pokud neznáte hmotnost závaží, určete jejich hmotnost pomocí digitálních vah.

Naměřené hodnoty:

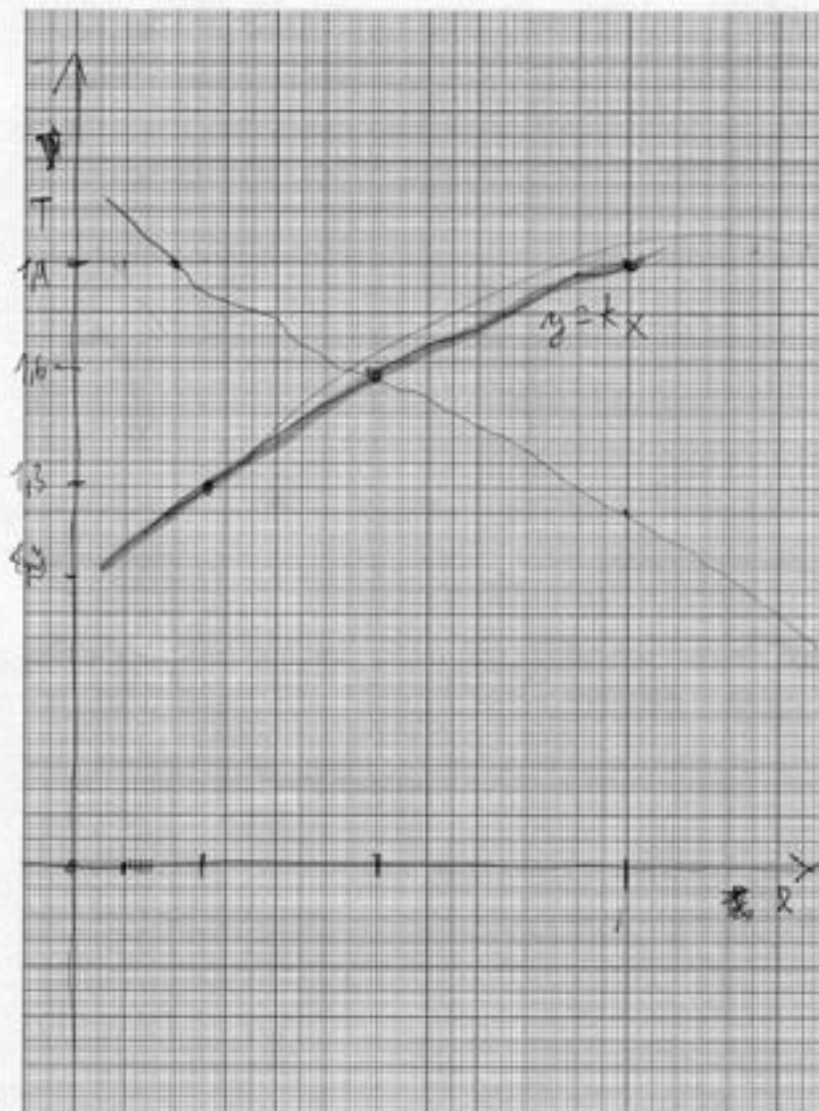
Využijte přiloženou tabulku pro záznam vašich naměřených hodnot. Pokud by Vám vyhovovala jiná tabulka vlastní konstrukce, můžete pro její vytvoření použít zadní stranu tohoto listu.

Číslo měření	l [m]	m [g]	10T [s]				T [s]
1	135	150	16,45	16,72	16,84		1,6693
2	135	200	18,32	18,46	19,00		1,8763
3	135	250					
4	135	100	17,35	17,53	17,28		1,7386
5	135	150	18,20	19,10	19,94		1,809
6	135	90					
7	135	180					
8	135	140					
9	135	230					
10	135	190					
11	135	240					
12	135	50	11,85	11,92	12		1,1923
13	135	100					
14	135	250	16,04	16,10	15,9		1,602
15	135						

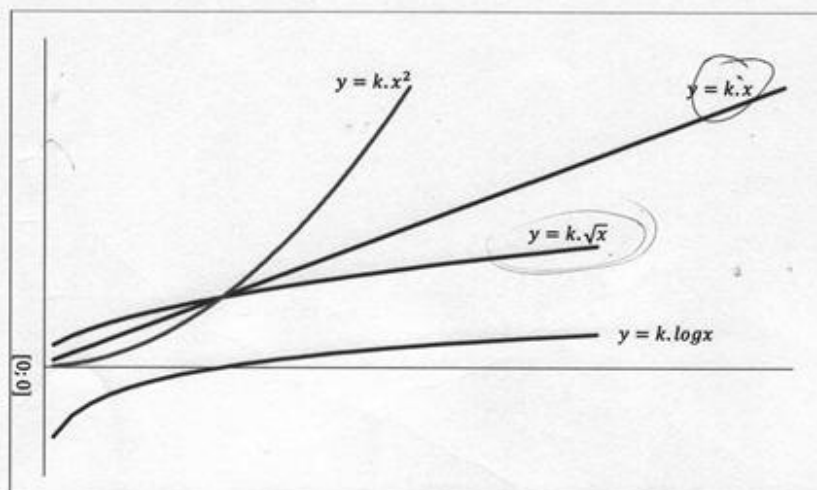
Pomocné výpočty:

VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Použijte milimetrový papír pro grafické vyhodnocení vašich naměřených dat. (Zpracujte do grafu závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu pro různé hmotnosti)



Pokud jste zvolili správný pracovní postup, Váš graf teď znázorňuje závislost periody matematického kyvadla na délce jeho závěsu. Určete, jaká je mezi nimi závislost. K Vašemu rozhodnutí můžete využít obrázky vybraných závislostí:



V obrázku je k konstanta, která byla odvozena z teorie matematického kyvadla a je rovna $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$, kde g je tíhové zrychlení, jehož tabulková hodnota pro Liberec činí $g=9,81405 \text{ m/s}^2$.

Která závislost se nejvíce podobá té ve Vašem grafu?

Odvoďte vztah pro periodu matematického kyvadla a vhodně jej upravte:

Jako vodítko vám poslouží závislost T na ostatních veličinách a konstantách. Inspirujte se obrázkem a za y a x dosadte analogicky veličiny z grafu Vaší zjištěné závislosti.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \cdot l = 2\pi \frac{l}{\sqrt{g}}$$

OVĚŘENÍ HYPOTÉZY

Diskutujte zjištěné vztahy s Vaší původní hypotézou. V případě nepotvrzení původní mylné hypotézy formulujte nový závěr na základě Vašich výsledků. Jaký vliv na dobu kmitu matematického kyvadla má hmotnost? Diskutujte své výsledky se zbytkem třídy. Co byste změnili, kdybyste v budoucnu opět měřili periodu matematického kyvadla?

S naší původní hypotézou se prakticky, defakto nelíším. Původně jsme si mysleli, že to závisí na hmotnosti, ale naše měření bylo bez rozdílu. Mysleli jsme si, že graf nám vyjde zcela správně, ale bylo u nás z naší strany chybění málo nájezů k ziskání periody. V budoucnu bych nic neměnil, měření bylo zajímavé a pro nás přínosné!!

Bonusový úkol:

Vypočítejte hodnotu tíhového zrychlení g z Vašeho objeveného vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v Liberci $g = 9,81405 \text{ m/s}^2$.

g-